Universidad Nacional Mayor de San Marcos
Universidad del Perú. Decana de América

Dirección General de Estudios de Posgrado
Facultad de Ingeniería Industrial
Unidad de Posgrado

Impacto de la tecnología limpia de FSC en los procesos de extracción de los compuestos bioactivos presentes en los residuos del procesamiento de la uva y lúcuma

TESIS

Para optar el Grado Académico de Doctor en Ingeniería Industrial

AUTOR

Fredy Vicente HUAYTA SOCANTAYPE

ASESOR

Dr. Oscar Rafael TINOCO GÓMEZ

Lima, Perú

2026



Reconocimiento - No Comercial - Compartir Igual - Sin restricciones adicionales

https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/

Usted puede distribuir, remezclar, retocar, y crear a partir del documento original de modo no comercial, siempre y cuando se dé crédito al autor del documento y se licencien las nuevas creaciones bajo las mismas condiciones. No se permite aplicar términos legales o medidas tecnológicas que restrinjan legalmente a otros a hacer cualquier cosa que permita esta licencia.

Referencia bibliográfica

Huayta, F. (2026). *Impacto de la tecnología limpia de FSC en los procesos de extracción de los compuestos bioactivos presentes en los residuos del procesamiento de la uva y lúcuma.* [Tesis de doctorado, Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Facultad de Ingeniería Industrial, Unidad de Posgrado]. Repositorio institucional Cybertesis UNMSM.

Metadatos complementarios

Datos de autor	
Nombres y apellidos	Fredy Vicente Huayta Socantaype
Tipo de documento de identidad	DNI
Número de documento de identidad	08773793
URL de ORCID	https://orcid.org/0000-0002-3732-731X
Datos de asesor	
Nombres y apellidos	Oscar Rafael Tinoco Gomez
Tipo de documento de identidad	DNI
Número de documento de identidad	08606920
URL de ORCID	https://orcid.org/0000-0002-7927-931X
Datos del jurado	
Presidente del jurado	
Nombres y apellidos	Olivio Nino Castro Mandujano
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	07683880
Miembro del jurado 1	
Nombres y apellidos	Walter Javier Diaz Cartagena
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	25726173
Miembro del jurado 2	
Nombres y apellidos	Fiorella Vanessa Güere Salazar
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	43566120
Datos de investigación	

Línea de investigación	No aplica.
Grupo de investigación	No aplica.
Agencia de financiamiento	Tecnología e Innovación Tecnológica (CONCYTEC-PERÚ) por el financiamiento para la ejecución del presente estudio el cual se realizó en el marco del proyecto 182-2018-FONDECYT-BM-IADT-AV.
Ubicación geográfica de la investigación	Edificio: Pontificia Universidad Católica del Perú (PUCP) País: Perú Departamento: Lima Provincia: Lima Distrito: San Miguel Centro poblado: No aplica Urbanización: Pando Manzana y lote: No aplica Calle: Av. Universitaria 1801 Latitud (GD): -12.06945 Longitud (GD): -77.07984
Año o rango de años en que se realizó la investigación	Marzo 2019 – junio 2024
URL de disciplinas OCDE	Ingeniería industrial http://purl.org/pe-repo/ocde/ford#2.11.04 Ingeniería de procesos http://purl.org/pe-repo/ocde/ford#2.04.02 Compuestos http://purl.org/pe-repo/ocde/ford#2.05.04

UNIVERSIDAD NACIONAL
MAYOR DE SAN MARCOS
Universidad del Perú, DECANA DE AMERICA

UNIDAD DE POSGRADO

ACTA DE SUSTENTACIÓN Nº003-UPG-FII-2026

SUSTENTACIÓN DE TESIS PARA OPTAR EL GRADO ACADÉMICO DE DOCTOR EN INGENIERÍA INDUSTRIAL

En la ciudad de Lima del día lunes veintiséis del mes de enero del año dos mil veintiséis, siendo las catorce y treinta horas, se instaló el Jurado Examinador para la Sustentación de la Tesis titulada: **"IMPACTO DE LA TECNOLOGÍA LIMPIA DE FSC EN LOS PROCESOS DE EXTRACCIÓN DE LOS COMPUESTOS BIOACTIVOS PRESENTES EN LOS RESIDUOS DEL PROCESAMIENTO DE LA UVA Y LÚCUMA",** presentado por el **Mg. FREDY VICENTE HUAYTA SOCANTAYPE,** para optar el Grado Académico de Doctor en Ingeniería Industrial.

Luego de la exposición y absueltas las preguntas del Jurado Examinador se procedió a la calificación individual y secreta, habiendo sido APROBADO con la calificación de DIECINUEVE (19) EXCELENTE.

El Jurado recomienda que la Facultad acuerde el otorgamiento del Grado Académico de Doctor en Ingeniería Industrial al **Mg. FREDY VICENTE HUAYTA SOCANTAYPE.**

En señal de conformidad, siendo las 15:15 **horas** se suscribe la presente acta en cuatro ejemplares, dándose por concluido el acto.

Dr. OLIVIO NINO CASTRO MANDUJANO
Presidente

Dr. WALTER JAVIER DIAZ CARTAGENA
Miembro

Dra. FIORELLA VANESSA GÜERE SALAZAR
Miembro

DR. OSCAR RAFAEL TINOCO GÓMEZ
Asesor

UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS
Universidad del Perú, Decana de América

Anexo 1
CERTIFICADO DE SIMILITUD

Yo, **OSCAR RAFAEL TINOCO GÓMEZ** en mi condición de asesor acreditado con el **DICTAMEN N°531-UPG-FII-2021** de la tesis cuyo título es: **"IMPACTO DE LA TECNOLOGÍA LIMPIA DE FSC EN LOS PROCESOS DE EXTRACCIÓN DE LOS COMPUESTOS BIOACTIVOS PRESENTES EN LOS RESIDUOS DEL PROCESAMIENTO DE LA UVA Y LÚCUMA**", presentado por el magíster **FREDY VICENTE HUAYTA SOCANTAYPE,** para optar el grado académico de **DOCTOR EN INGENIERÍA INDUSTRIAL, CERTIFICO** que se ha cumplido con lo establecido en la Directiva de Originalidad y de Similitud de Trabajos Académicos, de Investigación y Producción Intelectual. Según la revisión, análisis y evaluación mediante la plataforma **PIDS**, el documento evaluado cuenta con el 14**%** de similitud, nivel **PERMITIDO** para continuar con los trámites correspondientes y para su **publicación en el repositorio institucional.**

Se emite el presente certificado en cumplimiento de lo establecido en las normas vigentes, como uno de los requisitos para la obtención del grado académico de **DOCTOR EN INGENIERÍA INDUSTRIAL.**

Lima, 06 de enero de 2026

UNMSM
Firmado digitalmente por TINOCO GOMEZ Oscar Rafael FAU 20148092282 soft
Motivo: Soy el autor del documento
Fecha: 06.01.2026 10:38:44 -05:00

Firma del Asesor

Nombres y Apellidos del asesor: **OSCAR RAFAEL TINOCO GÓMEZ**
DNI: **08606920**

La vigencia del presente certificado corresponde a un período de noventa (90) días desde la fecha de su emisión; siempre que no haya observaciones en el texto durante el proceso de revisión por el jurado informante o surja alguna contingencia.

Dedicatoria

A Dios por todo lo que recibido.

A mi esposa Olinda por su paciencia y cariño.

A mis hijas Astrid y Ariane.

A mis padres por darme la vida.

Agradecimiento

Especial agradecimiento al Consejo Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación Tecnológica (CONCYTEC-PERÚ) por el financiamiento para la ejecución del presente estudio el cual se realizó en el marco del proyecto 182-2018-FONDECYT-BM-IADT-AV.

ÍNDICE GENERAL

RESUMEN xiv

ABSTRACT xvii

CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN 1

1.1. Situación problemática 1

1.2. Formulación del problema 3

1.2.1. Problema General 3

1.2.2. Problemas Específicos 3

1.3. Justificación de la investigación 4

1.4. Objetivos de la investigación 7

1.4.1. Objetivo General 7

1.4.2. Objetivos Específicos 8

CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO 9

2.1. Antecedentes 9

2.2. Marco Epistemológico 16

2.3. Bases teóricas 20

2.3.1. Productos agroindustriales 21

2.3.2. Residuos Agroindustriales 22

2.3.3. Residuos de la uva 24

2.3.4. Residuos de la lúcuma 29

2.3.5. Compuestos bioactivos 33

2.3.6. Fluido Supercrítico 37

2.3.7. Proceso de Extracción con Fluido Supercrítico 40

2.3.8. Desarrollo Sostenible 46

2.3.8. Desarrollo Sostenible 49

2.4. Glosario 52

CAPÍTULO III: METODOLOGÍA 53
3.1. Hipótesis general 53
3.2. Hipótesis específicas 53
3.3. Identificación de variables 54
3.4. Operacionalización 55
3.5. Matriz de consistencia 56
3.6. Tipo y diseño de investigación 60
3.7. Unidad de análisis 61
3.8. Población de estudio 62
3.9. Tamaño de muestra 63
3.10. Selección de la muestra 63
3.10.1. Residuo de la uva 63
3.10.2. Residuo de la lúcuma 63
3.11. Técnicas de recolección de datos 63
3.12. Análisis e interpretación de la información 65
3.12.1. Análisis de la extracción FSC 65
3.12.2. Análisis técnico-Económico y Ambiental 65
3.13. Procedimiento experimental 66
3.13.1. Materia prima e insumos 67
3.13.2 Equipos y accesorios 68
3.13.3. Obtención del aceite de semilla de uva 68
3.13.3.1 Acondicionamiento de la materia prima 68
3.13.3.2 Extracción del aceite con CO2 supercrítico 69
3.13.4 Obtención del aceite de semilla de lúcuma 70
3.13.4.1 Acondicionamiento de la materia prima 70
3.13.4.2 Extracción de aceite con CO2 supercrítico 73

3.13.5. Caracterización del producto 74
3.13.6. Análisis estadístico..... 75
3.13.6.1. Aceite de semilla de uva 75
3.8.6.2. Aceite de semilla de lúcuma 76
3.13.7. Evaluación técnico-económica..... 77
3.13.7.1. Escalamiento del proceso 77
3.13.7.2. Simulación de proceso de extracción SFC 79
3.13.7.3. Parámetros de evaluación económica 80
3.13.8. Evaluación del Impacto Ambiental 81
CAPÍTULO IV: RESULTADOS Y DISCUSIÓN 83
4.1. Tecnologías limpias y métodos tradicionales en la extracción de componentes bioactivos 83
4.1.1. Procesos de tecnologías verdes 84
4.1.2. Procesos de tecnologías convencionales 84
4.1.3. Parámetros de evaluación entre las tecnologías limpias y convencionales 85
4.1.4. Resultado comparativo entre la extracción con FSC y tecnologías convencionales. 86
4.2. Optimización del proceso de extracción FSC 88
4.2.1. Extracción de aceite de semilla de uva 89
4.2.2. Extracción de aceite de semilla de lúcuma 97
4.3. Escalamiento y simulación del proceso de extracción FSC de aceite de semillas de uva y lúcuma..... 103
4.3.1. Descripción de proceso de obtención de aceite de lúcuma y uva. 103
i. Proceso de obtención del aceite de uva 103
ii. Proceso de obtención del aceite de lúcuma 104
4.3.2. Especificaciones de la alimentación..... 105

4.3.3. Especificaciones del producto obtenido 106
4.3.4. Servicios 107
4.3.5. Volumen de producción 108
4.4 Indicadores ambientales 142
CONCLUSIONES 144
RECOMENDACIONES 146
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS 147
Bibliografía 147

INDICE DE TABLAS

Tabla 2. 1: Composición química (%) de algunos residuos de la agroindustria 23
Tabla 2. 2:Producción de uva en el Perú del periodo 2021- 2015 25
Tabla 2.3: Producción anual de vino y pisco en el periodo 2016-2020 26
Tabla 2. 4: Características físicas de la lúcuma de seda y palo..... 29
Tabla 2. 5: Producción de lúcuma del año 2014 A 2018 (TN) 31
Tabla 2. 6:Variables termodinámicas críticas de algunos disolventes 37
Tabla 2.7: Parámetros fisicoquímicos de los gases, líquidos y fluidos supercríticos (FSC) 40
Tabla 2. 8 :Distintos métodos de extracción 43

Tabla 3. 1:Identificación de variables..... 54
Tabla 3. 2:Definición de operacional 55
Tabla 3. 3:Matriz de consistencia 57
Tabla 3. 4:Técnicas de recolección de datos..... 64
Tabla 3.5:Condiciones específicas de presión y temperatura de extracción para el aceite de semilla de uva..... 70
Tabla 3. 6:Condiciones específicas de presión y temperatura para llevar cabo la extracción del aceite de semilla de lúcuma..... 74
Tabla 3. 7: Variables codificadas según modelo factorial..... 75
Tabla 3. 8:Diseño factorial para el análisis de la extracción de la semilla de uva..... 76
Tabla 3. 9:Factores de la Economía Atómica 82

Tabla 4. 1: Comparación porcentual entra la extracción con Fluido Supercrítico (FSC) y métodos convencionales: Eficiencia, Impacto ambiental, Pureza y Viabilidad Industrial...... 87
Tabla 4. 2: Datos obtenidos del secado de orujo 90
Tabla 4. 3 : Humedad del orujo tratado 91

Tabla 4. 4 : Resultado experimentales de la extracción de aceite de semilla de uva es de la extracción de aceite de semilla de uva 92
Tabla 4. 5 : Análisis de Varianza para el rendimiento 94
Tabla 4. 6 : Optimización del modelo de extracción del aceite de semilla de uva 95
Tabla 4. 7 : Rendimiento en las condiciones óptimas de extracción obtención del aceite de uva 97
Tabla 4. 8 : Porcentaje de humedad de las semillas de lúcuma 98
Tabla 4. 9 : Rendimientos de la extracción FSC del aceite de la semilla de lúcuma 100
Tabla 4. 10 : Análisis de varianza y rendimiento 101
Tabla 4. 11:Valor óptimo de la extracción SFC 102
Tabla 4. 12 :Composición de la alimentación del orujo de uva 105
Tabla 4. 13: Composición de la alimentación de la semilla de lúcuma ... 105
Tabla 4. 14: Composición de la alimentación de la semilla de lúcuma ... 106
Tabla 4. 15:Composición de los ácidos grasos del aceite de semilla de uva 107
Tabla 4. 16: Requerimientos de materiales y rendimiento por sección en la producción de aceite de lúcuma. 118
Tabla 4. 17:Requerimiento de materiales iniciales y rendimientos por sección en la producción de aceite de uva. 119
Tabla 4. 18:Materiales Utilizados en la Extracción de Aceite Clasificados por Año, Lote y Unidad de Producto Principal 119
Tabla 4. 19:Requerimiento de electricidad por sección para cada semilla 121
Tabla 4. 20: Requerimiento de calor y el costo para cada semilla 122
Tabla 4. 21: Equipo requeridos para los procesos de producción de aceite de lúcuma y uva. 125
Tabla 4. 22 : Datos sobre Tiempo y Tasa de descuento para la Evaluación económica. 127
Tabla 4. 23 : Información sobre Desembolso de Capital y Depreciación 128
Tabla 4. 24 : Precios de insumos y materia prima 129

Tabla 4. 25 : Precios de venta de los productos 129
Tabla 4. 26 : Esquema de estimación de capital fijo 130
Tabla 4. 27: Costo de mano de obra 131
Tabla 4. 28 : Rango de factores de los beneficios de los trabajadores ... 132
Tabla 4. 29 : Costo de inversión de capital fijo (en USD) 133
Tabla 4. 30 :Costo de mano de obra 135
Tabla 4. 31: Costo de materiales 135
Tabla 4. 32 : Costo de energía 136
Tabla 4. 33 : Costo de mantenimiento 137
Tabla 4. 34 : Costo de producción del producto principal y los subproductos 137
Tabla 4. 35 : Resumen ejecutivo del proyecto donde hay estudios de rentabilidad. 138
Tabla 4. 36 : Resumen ejecutivo del proyecto en diferentes escenarios 140
Tabla 4. 37: Resumen de indicadores ambientales 142

INDICE DE FIGURAS

Figura 2. 1:Racimo de Uva 24
Figura 2. 2:Composición física de la uva 25
Figura 2. 3: Partes de la lúcuma 30
Figura 2. 4:Estructura de algunos fenoles ácidos 34
Figura 2. 5: Estructura molecular de los cuatro grupos de flavonoides .. 34
Figura 2. 6: Estructura química de algunos fitoestrógenos más representativos. 36
Figura 2. 7:Diagrama de fases P-T 38
Figura 2. 8:Diagrama de fase de Presión- densidad 39
Figura 2. 9: Solubilidad de un componente activo en CO2sc en función de la P-T (escala lineal y logarítmica) 41
Figura 2. 10:Diagrama de flujo del proceso de extracción con CO2sc 42

Figura 3. 1:Diagrama estructural de las operaciones en la investigación 61
Figura 3. 2:Vista general de los cultivos de lúcuma de la Hacienda Parodi 62
Figura 3. 3: Diagrama de operaciones para la extracción FSC a partir del residuo de la semilla de uva 66
Figura 3. 4: Diagrama de operaciones para la extracción FSC a partir del residuo de la semilla de lúcuma 67
Figura 3. 5:Limpieza de las semillas de lúcuma acopiadas 71
Figura 3. 6:Desecación de las semillas de lúcuma mediante el uso de un secador de lecho fijo. 72
Figura 3. 7:Acondicionamiento de las semillas de lúcuma 72
Figura 3. 8:Secado por convección de las láminas de semillas de lúcuma 73
Figura 3. 9:Diagrama de escalamiento del proceso de extracción SFC 78

Figura 4. 1: Prensado inicial 89
Figura 4. 2: Cinética de secado del orujo 90
Figura 4. 3 :Orujo acondicionado 91

Figura 4. 4 :Cinética de extracción de ensayos seleccionados 93
Figura 4. 5 :Gráfica de interacción para Rendimiento 94
Figura 4. 6 :Cinética de extracción a condiciones óptimas..... 96
Figura 4. 7: Velocidad de extracción 96
Figura 4. 8 : Balanza de humedad 97
Figura 4. 9 :Medición del peso del saco de nylon con las semillas..... 98
Figura 4. 10 : Equipo de Extracción supercrítica 99
Figura 4. 11: Cinética de extracción de aceite (P = 300 atm, T = 35 °C) 99
Figura 4. 12 : Superficie de Respuesta 102
Figura 4. 13 : Diagrama de operaciones de las extracciones del aceite de la semilla de lúcuma y uva 110
Figura 4. 14: Diagrama de la evaluación técnica económica en el Super Pro Designer, del proceso de obtención del aceite de lúcuma y uva mediante la tecnología de FSC...... 112
Figura 4. 15 : Línea de producción del aceite de lúcuma 116
Figura 4. 16 : Línea de producción del aceite de Uva 117
Figura 4. 17: Porcentaje de masa de materiales requeridos por sección 120
Figura 4. 18 : Sistema de extracción con fluido supercrítico a nivel industrial 124

INDICE DE ANEXOS

Anexo 1: Análisis Fisicoquímico de semilla de uva Malbec 158
Anexo 2 : Perfil de ácidos grasos presentes en la semilla de lúcuma ... 161
Anexo 3 : Reporte de materiales y corrientes 162
Anexo 4 : Reporte de costos al detalle 162
Anexo 5 : Equipos seleccionados para el proceso de producción de aceite de lúcuma y uva 162
Anexo 6 : Estimación de costos fijos en el Simulador 164
Anexo 7: Estimación del costo de mantenimiento 165
Anexo 8 : Factores usadores para el cálculo del costo de mano de obra 165
Anexo 9 : Programación en Super Pro para estimación de costo de mano de obra 166
Anexo 10: Parámetros para la estimación del capital de trabajo 166
Anexo 11: Reporte de evaluación económica 167
Anexo 12: Reporte de evaluación económica pesimista 167
Anexo 13 : Reporte de evaluación económica sin la venta de residuos 167
Anexo 14: Reporte de impacto ambiental 167

RESUMEN

Existe una creciente preocupación por la reutilización de residuos provenientes de diversas industrias. En este contexto, se ha focalizado en los desechos generados por la agroindustria dedicada al procesamiento lúcuma y uva. Para aprovechar los componentes activos de estos residuos se utilizará la tecnología de fluido supercrítico (FSC). El objetivo principal es analizar el impacto del uso de esta tecnología limpia de FSC en los procesos de extracción de los compuestos bioactivos presentes en los residuos de la uva y la lúcuma. Este estudio también aborda la evaluación técnica, económica y ambiental del escalamiento industrial.

En este sentido, se ha planteado investigar los compuestos bioactivos presentes en los residuos de la uva y la lúcuma, utilizando técnicas cromatografía de gases. Asimismo, se ha llevado a cabo la extracción de los compuestos bioactivos solubles con el CO2 supercrítico, evaluando parámetros operativos como presión, temperatura y flujo de CO2. Finalmente, se ha realizado una evaluación técnico-económica y ambiental con la ayuda del software Super Pro Designer v.10.

Los resultados obtenidos revelan que las condiciones óptimas para la extracción de aceite de uva se alcanzan con un flujo de CO2 de 5 pie3/h, durante 120

minutos, a una presión de 450 bar y una temperatura de 60 °C. Este conjunto de parámetros proporciona un rendimiento experimental de 6.861 %. En cuanto a las características del aceite de uva extraído, se registró una acidez libre del 0.6901%, y su capacidad oxidante fue de 6883.92 µmol por 100 g de aceite. Los ácidos linoléico y oléico destacaron como los más predominantes, representando el 64.9% y 21.8 % respectivamente.

Por otro lado, en el caso de la extracción del aceite de lúcuma, el rendimiento máximo se logró a 312 atm de presión y temperatura de 45°C, obteniéndose un porcentaje del 2.8355 %. En este aceite de lúcuma, los ácidos linoléico, oléico, palmítico y esteárico se destacaron como los más abundantes con un 32.85%, 33.16%, 16.79%, 12.78%, respectivamente.

Al llevar cabo la evaluación económica, se observa que existe rentabilidad al comercializar los sub-productos, además de los aceites de lúcuma y uva. Para construir una planta con una capacidad procesamiento de materia prima de 1750Kg/batch, se requiere una inversión de $ 6361000. Esta inversión genera un costo operativo anual de $3761000. La planta proyecta un margen de ganancia del 31.62%, un retorno de inversión de 23.04%, un tiempo de recuperación de capital 4.34 años, y una tasa interna de retorno un (TIR) del 15.23 % y con un valor actual neto (VAN) $ 4123000 a una tasa de descuento del 7%. Sin embargo, se identifican que algunos productos que se comercializan por debajo su costo de producción, indicando la necesidad de agregar más valor para maximizar las ganancias.

La planta de producción exhibe un factor E de 2.07 kg residuos por kg de productos, una eficiencia atómica de 0.85, un rendimiento de masa efectivo de 3.07 kg de masa total utilizada por Kg de masa de productos y una productividad de masa de 0.325. Es importante destacar que la limpieza con agua de ozono de la pepa de lúcuma es el principal contribuyente a estos valores. En consecuencia, se hace necesario considerar requiere la construcción o adquisición de una planta de tratamiento de agua para abordar esta situación.

En conclusión podemos decir que para la extracción de aceite de materia prima como semilla de uva y lúcuma se requieren parámetros de operación a partir de 350 bar y 45 °C , logrando un rendimiento de 2.8% a 6.8 %, lo cual según el estudio técnico económico nos muestra que para que sea rentable se necesita vender los sub-productos junto al aceite de uva y de lúcuma, además los indicadores ambientales predicen que se requiere aplicar tecnologías como una planta de tratamiento de agua o una mejor gestión en el proceso de limpieza de la pepa de lúcuma que minimicen el uso de agua para la limpieza y con ello mejores los indicadores. El CO_2 al ser recirculado y reciclado permite una minimización de costos de operación y mejora los indicadores ambientales porque no se emiten al medio ambiente.

Palabras clave

Evaluación técnico-ambiental, simulación de procesos, Superpro Designer, aceite de lúcuma, aceite de uva, extracción con fluido supercrítico

ABSTRACT

Here is growing concern about the reuse of waste from various industries. In this context, it has focused on the waste generated by the agroindustry dedicated to the processing of lucuma and grapes. To take advantage of the active components of this waste, supercritical fluid (FSC) technology will be used. The main objective is to analyze the impact of the use of this clean FSC technology in the extraction processes of bioactive compounds present in grape and lucuma residues. This study also addresses the technical, economic and environmental evaluation of industrial scaling.

In this sense, it has been proposed to investigate the bioactive compounds present in grape and lucuma residues, using gas chromatography techniques. Likewise, the extraction of soluble bioactive compounds has been carried out with supercritical CO2, evaluating operating parameters such as pressure, temperature and CO2 flow. Finally, a technical-economic and environmental evaluation has been carried out with the help of the Super Pro Designer v.10 software.

The results obtained reveal that the optimal conditions for the extraction of grape oil are reached with a CO_2 flow of 5 ft^3/h, for 120 minutes, at a pressure of 450 bar and a temperature of 60 °C. This set of parameters provides an experimental performance of 6.861%. Regarding the characteristics of the extracted grape oil, a free acidity of 0.6901% was recorded, and its oxidizing capacity was 6883.92

µmol per 100 g of oil. Linoleic and oleic acids stood out as the most predominant, representing 64.9% and 21.8% respectively.

On the other hand, in the case of lucuma oil extraction, the maximum yield was achieved at 312 atm pressure and temperature of 45°C, obtaining a percentage of 2.8355%. In this lucuma oil, linoleic, oleic, palmitic and stearic acids stood out as the most abundant with 32.85%, 33.16%, 16.79%, 12.78%, respectively.

When carrying out the economic evaluation, it is observed that there is profitability in marketing the byproducts, in addition to lucuma and grape oils. To build a plant with a raw material processing capacity of 1750Kg/batch, and investment of $6,361,000 is required. This investment generates an annual operating cost of $3,761,000. The plant projects a profit margin of 31.62%, a return on investment of 23.04%, a capital recovery time of 4.34 years, and an internal rate of return (IRR) of 15.23% and with a net present value (NPV) of $4123000 at a discount rate of 7%. However, some products are identified as being marketed below their production cost, indicating the need to add more value to maximize profits.

The production plant exhibits an E factor of 2.07 kg of waste per kg of products, an atomic efficiency of 0.85, an effective mass yield of 3.07 kg of total mass used per Kg of mass of products and a mass productivity of 0.325. It is important to highlight that ozone water cleaning of lucuma seeds is the main contributor to these values. Consequently, it is necessary to consider the construction or acquisition of a water treatment plant to address this situation.

In conclusion we can say that for the extraction of oil from raw materials such as grape seeds and lucuma, operating parameters from 350 bar and 45 °C are required, achieving a yield of 2.8% to 6.8%, which according to the technical study Economic shows us that to be profitable it is necessary to sell the by-products together with the grape and lucuma oil, in addition the environmental indicators predict that it is necessary to apply technologies such as a water treatment plant or better management in the cleaning process. of the lucuma seed that minimize the use of water for cleaning and thereby improve the indicators. When CO2 is recirculated and recycled, it allows for a minimization of

operating costs and improves environmental indicators because it is not released into the environment.

Keywords

Technical-environmental assessment, process simulation, Superpro Designer, lucuma oil, grape oil, supercritical fluid extraction

CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN

1.1. Situación problemática

El deterioro ambiental en el mundo no solo es generado por la combustión de los combustibles fósiles, también son forjados por el procesamiento de productos agroindustriales que generan efluentes y residuos sólidos, representando entre el 10 al 60 % de la materia procesada (Gil, 2013).

Según la información emitida por la Organización de las Naciones Unidas (FAO, 2011) 1600 millones de toneles por año de alimentos se pierden o se desperdician, esto equivale a un tercio de los alimentos producidos para la dieta del ser humano. Además, de 40-50% del total de los alimentos desperdiciados corresponden a las frutas, verduras, raíces y tubérculos. (Ravindran, Hassan, Williams, & Jaiswa, 2018).

Los residuos agroindustriales generados en el proceso de producción están favoreciendo el aumento de la biomasa, muchos de ellos son desechados en rellenos sanitarios o simplemente son descartados en lugares inapropiados. Esta biomasa de material orgánico compuesta por carbohidratos y grasas posee un alto poder energético. La acumulación de estos desperdicios generaría incendios en regiones de clima seco y la perdida de grandes extensiones de los bosques. Asimismo, estos desechos al descomponerse producen grandes volúmenes de gases generando el efecto invernadero. (Ng , et al., 2020)).

Los países en desarrollo como el Perú, por ejemplo, en el sector alimentario anualmente se generan 20 mil toneladas de residuos entre semilla y cáscara de uva y 5000 toneladas de semilla de lúcuma, que generan abundantes desechos agroindustriales, por no contar, con alternativas viables para recuperar o reutilizar estos insumos, son incinerados generando gases de combustión, esto afectara directamente la salud y la calidad de vida de la población.

Los desechos agroindustriales están constituidos básicamente por cascaras, pepas, pulpas, tortas de prensa y hojas. Estos residuos acumulan compuestos químicos de diversa naturaleza denominados metabolitos vegetales secundarios, uno de los compuestos bioactivos con actividad antixidante que se encuentran en las cascara de las frutas son los compuestos fenólicos (Rossetto, Maciel, Bortolini, Ribeiro , & Isidoro, 2020). Muchos trabajos de investigación han determinado que estos componentes fenólicos pueden ser utilizados como antioxidante, antiinflamatorias, antidiabéticas, anticancerígenas, antimicrobianas y antitumoral, ayudando a la salud. (Peanparkdee & Iwamoto, 2019). Por otro lado, la composición rica en nutrientes y compuestos funcionales están direccionando al aprovechamiento de estos residuos como una alternativa potencial. Además, la legislación ambiental cada vez es más rigurosa también favorece la utilización de los residuos sólidos para diversos fines (Wong, et al., 1917).

La materia orgánica que se encuentra en los residuos agroindustriales es el germen de los componentes de alto valor añadido, en este sentido existen muchas tecnologías para recupera, purificar y concentrar los compuestos químicos, el problema es que pocas tecnologías ofrecen seguridad en no contaminar el medio ambiente y no tener residuos perjudiciales para salud.

Las tecnologías emergentes son métodos más eficientes para la extracción de compuestos funcionales de los residuos agroindustriales. Esto se debe a que permiten el uso de los disolventes más adecuados en menores proporciones, así como como tiempos de extracción reducidos con respecto a las técnicas convencionales. Lo más notable de estas tecnologías emergentes son: la extracción asistida por microondas (MAE), fluido supercrítico extracción (SFE) y extracción asistida por ultrasonido (Cantao , et al., 2021)

La presente investigación busca evaluar el impacto por el uso de tecnologías limpias en procesos de extracción relacionado al desarrollo sostenible o libre de contaminación en el sector agroindustrial peruano. Asimismo, no existe en el Perú un estudio que analice de manera global y extensiva los distintos procesos de extracción para una mejor elección futura en función de los costos involucrados y el efecto en el medioambiente. Además, no sólo hay falta de conocimientos en temas de extracción que se traducen en el empleo de uso de tecnologías contaminantes, sino que su aplicación se ve limitada por no tenerse un compendio informativo de apoyo serio que permita realizar su evaluación de manera más objetiva de la metodología de extracción a utilizar.

1.2. Formulación del problema

1.2.1. Problema General

¿Cuál es el impacto del uso de tecnologías limpias de FSC en la extracción de compuestos bioactivos presentes en los residuos del procesamiento de la uva y lúcuma, considerando la evaluación técnica, económica y ambiental para su escalamiento industrial?

1.2.2. Problemas Específicos

- ¿Cómo influye el uso de tecnologías limpias en el rendimiento de extracción y la calidad de los compuestos

bioactivos presentes en los residuos agroindustriales, en comparación con los procesos convencionales?

- ¿Cuál es la viabilidad económica del escalamiento de los procesos de extracción de componentes bioactivos presente en los residuos agroindustriales con tecnología limpia?

- ¿Cómo afecta el uso de tecnologías limpias al impacto ambiental de los procesos de extracción de componentes bioactivos presente en los residuos agroindustriales en el escalamiento industrial?

1.3. Justificación de la investigación

Un estudio realizado por la Organización de las Naciones Unidas (FAO, 2011) estima que se pierde casi 1.600 millones de toneladas por año de alimentos como desperdicio que equivale a un tercio de todos los alimentos producidos para la nutrición humana en el mundo. Además, las frutas, verduras, raíces y tubérculos representan alrededor del 40-50% de la cantidad total de alimentos desperdiciados (Ravindran, Hassan, Williams, & Jaiswa, 2018) , en tal marco, la valorización de estos residuos se ha convertido en una estrategia clave para una producción respetuosa con el medio ambiente.

En muchas empresas agroindustriales y alimentarias los residuos generados se consideran como un problema de la cadena productiva porque generan costos de remoción y contaminación ambiental por la eliminación de estos desechos. (Read, et al., 2020).

Hace poco tiempo los residuos agroindustriales no eran considerados en las evaluaciones económicas, porque principalmente eran utilizados para producción de alimento para animales o el compostaje.
La materia orgánica presente en los residuos agroindustriales es fuente de componentes valiosos, sin embargo, pocas tecnologías son capaces de ofrecer seguridad en el proceso de recuperación, purificación y concentración de estos compuestos químicos.

Se pretende aprovechar las nuevas tecnologías como el de fluido supercrítico para reutilizar los residuos agroindustriales dándole un valor agregado. La recuperación de los componentes activos de los residuos agroindustriales mejorara en forma integral la cadena de producción alimentaria desde el puno de vista económico y ambiental.

El presente trabajo se justifica por la necesidad de establecer los factores de técnicos, económicos, y ambientales, relacionados a la identificación y comparación de las diversas técnicas de extracción para la obtención de compuestos bioactivos y su posterior purificación.

La implementación de las tecnologías limpias genera investigación acerca de nuevas técnicas, así como la obtención de productos bioactivos que tengan un bajo costo medioambiental y que no sean nocivos para el consumo humano, y rentabilidad económica en el desarrollo sostenible de la agroindustria en el Perú.

El resultado de la presente investigación tendrá como fundamento central el aprovechamiento de los residuos agroindustriales. La aplicación de las nuevas tecnologías a las actividades agroindustriales busca una relación adecuada entre la agroindustria y la preservación del medio ambiente y la calidad de los productos obtenidos, por tanto, para conseguir el desarrollo sustentable es necesario, eliminar el uso de solventes orgánicos, reducir el uso de recursos y energías no renovables, reducir el volumen de los residuos sólidos, líquido y gaseosos. La implementación de las tecnologías limpias genera investigación acerca de nuevas técnicas, así como la obtención de productos bioactivos que

tengan un bajo costo medioambiental y que no sean nocivos para el consumo humano, y rentabilidad económica en el desarrollo sostenible de la agroindustria en el Perú.

En pocas palabras, la extracción supercrítica se conoce por la ocurrencia de cambios tanto de temperatura como de presión, que son capaces de convertir el gas en un fluido supercrítico, haciendo indistinguibles las fases líquida y gaseosa. Es un proceso de transferencia de masa, en el que la convección en la fase de solvente supercrítico suele ser el mecanismo de transporte central (Soquetta, Terra, & Peixoto, 2018).

A diferencia de varias otras técnicas no convencionales, la extracción con fluido supercrítico es una técnica que ya ha traspasado las barreras de la escala de laboratorio, porque se está utilizado a escala industrial. Además, el CO2 es el solvente que se utiliza más en los procesos de extracción por que posee una temperatura critica baja (Tc= 31.1^{o}C) una presión de crítica de 73.8 atm, lo cual es una ventaja importante porque no degrada a los compuestos bioactivos en el proceso de extracción, Además se considera un disolvente inerte. El CO_2 es atóxico, económico, no explosivo, de fácil obtención, fácil de remover del producto final y tiene una buena capacidad de extracción debido a su avanzado poder de penetración. Además, generalmente se reconoce como solvente seguro, que no se sabe que sea peligroso para la salud y, por lo tanto, está aprobado para su uso en alimentos (FDA, 2019).

En el escenario actual, la extracción de fluidos supercríticos se considera una tecnología favorable para aprovechar los residuos agroindustriales ya que permite obtener varios compuestos con actividad antioxidante, donde estos productos obtenidos pueden ser utilizados en la industria farmacéutica, alimentaria y cosmética (Liscano, Davila, & Hertnandez, 2019).

Existe métodos convencionales para la extracción y recuperación de compuestos bioactivos a partir de los residuos agroindustriales, como la hidrodestilación, el método Soxhlet, destilación al vapor, maceración, etc. Según

los investigadores (Luchessi, Chemat, & Smadja, 2004), (Sun, Liu, & Wang, 2011) y (Wang, Sun, Tian, & Li, 2008) ; estos métodos suelen consumir mucho tiempo y, por tanto, los compuestos bioactivos pueden degradarse con tiempos de exposición prolongados. Además, estos métodos clásicos de extracción requieren grandes cantidades de disolvente. Por otro lado, la naturaleza de los compuestos y los factores operativos en el proceso de extracción impactan en el rendimiento y el tipo de componente bioactivo a extraer.

La extracción de compuestos bioactivos de los residuos agroindustriales mediante tecnologías alternativas como el fluido supercrítico es una opción interesante frente a los métodos de extracción convencionales (extracción por solvente, reflujo, Soxhlet, etc.), Esto se debe principalmente a las características y ventajas que estas tecnologías alternativas poseen, las cuales están presentes en los métodos convencionales, como se evidencia en los estudios previos (Khan, Vian, Tixier, Dangles, & Chemat , 2011) y (Routray & Orsat, 2011).

1.4. Objetivos de la investigación

1.4.1. Objetivo General

Evaluar el Impacto del uso la tecnología limpia de FSC en la extracción de compuestos bioactivos a partir de residuos del procesamiento de la uva y lúcuma, considerando aspectos técnicos, económicos y ambientales para su escalamiento industrial.

1.4.2. Objetivos Específicos

- Determinar la influencia del uso de tecnologías limpias en el en el rendimiento de la extracción y la calidad de los compuestos bioactivos presentes en los residuos agroindustriales, en comparación con los procesos convencionales.

- Evaluar la viabilidad económica del escalamiento industrial de los procesos de extracción de componentes bioactivos presente en los residuos agroindustriales usando tecnología limpia.

- Analizar el impacto ambiental en el escalamiento industrial del proceso de extracción de componentes bioactivos presente en los residuos agroindustriales usando tecnología limpia.

CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes

Cantao, et al., (2021), en su trabajo de investigación “De los residuos a la industria sostenible” el estudio estuvo orientado a determinar cómo pueden ayudar los residuos agroindustriales en el desarrollo de nuevos productos. El objetivo de la investigación fue evaluar el impacto de los residuos agroindustriales en el desarrollo de nuevos productos para justificar que el residuo agroindustrial permitirá la obtención de nuevos productos, el procedimiento para la obtener estos nuevos productos se ha aplicado varias tecnologías respetuosas con el medio ambiente como la extracción con FSC. De los resultados obtenidos concluyeron que los residuos agroindustriales ya no se consideran un problema, sino que ahora se ven como una oportunidad. Los estudios destinados a reutilizar los residuos de forma sostenible han avanzado significativamente a escala de laboratorio y se han comenzado a implementar a escala industrial. De acuerdo al estudio realizados por (Cantao , et al., 2021) se valoran los residuos generados en el procesamiento de la uva y la lúcuma, si bien en el pasado estos residuos se consideraban como un problema, ahora se pueden avizorar como una estrategia para el desarrollo industrial sostenible para el desarrollo del país.

Wong, et al., (1917) realizo los trabajos de investigación referentes a la extracción de compuestos fenólicos bioactivos mediante uso de tecnologías alternativas, por el interés de extraer los componentes fenólicos de las plantas, frutas y sus subproductos en las en las últimas décadas, el objetivo de este trabajo se condujo a determinar en qué medida favorece la extracción de los compuestos fenólicos bioactivos utilizando las tecnologías alternativas. Con la finalidad de evidenciar que la extracción de los compuestos fenólicos mediante el uso de tecnologías alternativas favorece en términos de simplicidad operativa, seguridad y altos rendimiento en comparación con las tecnologías de extracción convencionales, para este fin se utilizó los compuestos fenólicos de las frutas y verduras, donde las tecnologías comparadas fueron extracción asistida por ultrasonido (EAU), la extracción asistida por microondas (MAE), la extracción asistida por fermentación (FAE) , la extracción asistida por enzimas (EAE) y tecnologías convencionales. En el estudio realizado concluyen que el creciente interés por los compuestos bioactivos vegetales y su amplia gama de aplicaciones ha impulsado la exploración de diferentes alternativas para su extracción. Industrialmente, el rendimiento de la recuperación, el bajo costo de los procesos y la protección ambiental son temas de preocupación.

La importancia económica de los compuestos bioactivos de los residuos agroindustriales en el país lleva a investigar los diferentes procesos de extracción para mejorar el rendimiento y la calidad de nuevos compuestos.

El trabajo realizado por Guan, Li, Yan, Tang y Quan (2007) fue la comparación de los aceites esenciales extraídos de los capullos del clavo de olor con dióxido de carbono supercrítico comparado con tres métodos tradicionales de extracción. Esta investigación tuvo como propósito determinar y comparar los rendimientos obtenidos en la extracción, del aceite esencial del capullo del clavo de olor, utilizando CO_2 supercrítico y los tres métodos tradicionales. El estudio realizado demostró que al comparar los resultados de los aceites esenciales extraídos de capullos de clavo de olor con dióxido de carbono supercrítico y con los tres métodos tradicionales de extracción no son significativamente diferentes. Este resultado se obtuvo utilizando los capullos de clavo de olor con diferentes

parámetros, como temperaturas (30 ºC, 40 ºC, 50 ºC) y presión (10Mpa, 20Mpa, 30Mpa) y con los procedimientos de extracción con CO_2 supercrítico, y los tres métodos tradiciones (hidrodestilación, destilación por arrastre y solventes orgánicos). Los autores concluyen de los resultados obtenidos que la extracción con FSC ofrece muchas ventajas importantes sobre otros tres métodos tradicionales, como por ejemplo un mayor rendimiento de extracción, mayor porcentaje de ingredientes antioxidantes activos de eugenol junto con acetato de eugenol en el clavo extraído y menor tiempo de extracción.

Tomando como base la temperatura, presión, flujo el CO_2 y tamaño de partícula a extraer y los rendimientos obtenidos en el trabajo de Guan, Li, Yan, Tang y Quan (2007), estos serán tomados como referencia para extraer el componente bioactivo de los residuos agroindustriales utilizando CO_2 supercrítico.

Dacal et al., (2016) en su trabajo de investigación "Extracción de aceite de Acrocomia intumescens Drude con dióxido de carbono supercrítico: modelamiento del procesos y comparación con la extracción con disolventes orgánicos" se centraron en comparar las eficiencias de los procesos de extracción del aceite de Acrocomia intumescens Drude de la pulpa de fruta y almendra con dióxido de carbono supercrítico y disolventes orgánicos, como hexano y etanol. Con la finalidad de determinar la eficiencia del proceso de extracción con CO_2 supercrítico y solventes orgánicos los extractos utilizados para obtener el aceite fueron la pulpa y la almendra. Este te trabajo se determinó que el rendimiento de la extracción del aceite de la pulpa y de la almendra CO_2 supercrítico es menor que las extracciones convencionales. De los resultados obtenidos se concluye que las extracciones con solventes orgánicos proporcionan mayores rendimientos de extracción en comparación con las extracciones con FSC, a excepción de los experimentos que utilizaron almendras de macaúba como materia prima. Sin embargo, los extractos obtenidos con solventes orgánicos contienen trazas de este en el producto final. Los procesos de extracción y los rendimientos obtenidos en este trabajo se tomarán como referencia para el proceso de extracción del aceite del de residuos agroindustriales.

Scalia, et al., (1999) en su investigación “Extracción analítica y preparativa con fluido supercrítico de flores de manzanilla y su comparación con métodos convencionales” él cual se enfocó a comparar la extracción con fluido supercrítico de los componentes activos de las flores de manzanilla con los métodos convencionales, como la extracción Soxhlet, la destilación por arrastre de vapor y la maceración. Con la finalidad de establecer en qué medida favorece la extracción del componente activo con fluido supercrítico con respecto a los procesos convencionales, para el proceso de extracción con CO_2 supercrítico el tiempo trascurrido fue 30 min, para la destilación por 4 horas, Soxhlet 6 horas y para la maceración 3 días, para cada uno de los procesos de extracción se utilizaron la misma cantidad de manzanilla. La extracción con CO_2 supercrítico del componente activo de la manzanilla no solo es favorecido con el tiempo de operación sino (Prado J. , et al., 2012) también en el rendimiento de extracción con respecto a los métodos convencionales. Se concluye que la extracción con fluido supercrítico a nivel de laboratorio ofrece ventajas considerables sobre los métodos tradicionales para aislar el aceite esencial de las flores de manzanilla. Utilizando CO_2 supercrítico, se pueden extraer en tiempos más cortos y a temperaturas bajas, minimizando así la degradación ciertos componentes termolábiles y aumentando el rendimiento de los componentes volátiles. Para el proceso de extracción del componente activo de los residuos de la uva y la lúcuma se tomará como referencia el tiempo de extracción y las condiciones termodinámicas establecidas en este trabajo de investigación.

Prado et al., (2012) en su investigación “Extracción de fluido supercrítico de semilla de uva: escalado del proceso, composición química del extracto y evaluación económica” el propósito principal examinar el escalamiento industrial y la evaluación económica. El criterio para determinar el escalamiento industrial de nivel experimental (0.29L) a escala piloto (5.15L) es mantener constante la relación entre la masa de CO_2 (S) que será utilizado en el proceso de extracción y la masa de semilla de uva que se extraería (F); para este estudio la relación (S/F) ha sido igual a 8.2, durante 300 minutos. Por otra parte, el criterio para estimar el costo de extracción del aceite de la semilla de uva es utilizar el

simulador comercial Super ProDesigner v 6.0. Con los datos recopilados de ambos criterios se puede estimar que el costo de fabricación de una planta de extracción de componentes bioactivos de las semillas de la uva con fluido supercrítico es económicamente viable.

Con el aporte de esta investigación y con los datos experimentales a nivel laboratorio del proceso de extracción del componente bioactivo de los residuos agroindustriales se podrán desarrollar las evaluaciones económicas del proceso de extracción con fluido supercrítico. Por lo cual, estos cálculos ayudo en el escalamiento y valoración económica en el trabajo de investigación de los residuos de la industria vitícola y de la lúcuma para el proceso de extracción con fluido supercrítico.

Moncada, et al, (2014) en su investigación “Evaluación tecno económica y ambiental de la extracción de aceites esenciales de Citronella (Cymbopogon winteriana) y Lemongrass (Cymbopogon citrus) se enfocó en evaluar las diferentes tecnologías de extracción de aceites esenciales. En su parte técnica toma como criterio de valoración a las diferentes operaciones unitarias de extracción; en su parte económica, como criterio de valoración al consumo de energía de cada operación; y en su parte ambiental, como criterio de valoración a la contaminación ambiental que viene dada por la emanación de solventes orgánicos y la huella de carbono. Para este último criterio, cabe agregar que, desde el panorama ambiental la tecnología que genera mayor contaminación es la extracción con solventes, y desde el punto de vista de huella de carbono la más perjudicial es la extracción por destilación con arrastre de vapor de agua.

Este trabajo será considerado como referencia la valoración técnica, económica y ambiental, en el proceso de extracción del aceite de los residuos agroindustriales.

De Melo, et al, (2014) en su investigación “Extracción de fluidos supercríticos de matrices vegetales: aplicaciones, tendencias y perspectivas de futuro de una tecnología verde convincente” analizan cómo ha evolucionado en términos de

materia prima productos, sistemas de operación y la aplicación a nivel industrial del proceso de extracción con fluidos supercríticos de las matrices vegetales. La aplicación de esta tecnología está siendo tendencia en la industria alimentaria debido a que se obtiene productos nutraceúticos que pueden ser utilizados en los alimentos y en la industria farmacéutico ya que es posible aislar y cuantificar los fitofármacos, existentes en los extractos de las matrices vegetales.

De los trabajos de investigación recopilados se concluye que la tecnología de extracción con FSC utilizando el dióxido de carbono como disolvente en estado supercrítico es el más utilizado porque asegura un producto inocuo tanto para la salud humana como para el medio ambiente; por tal razón, es utilizada para extraer los componentes activos de la uva, tomate, tomillo, romero, entre otros componentes. Debido a estos estudios, se pude decir que los productos extraídos pueden ser utilizados en la industria farmacéutica y alimenticia.

Por otro lado, tomando como base las investigaciones, elaboradas en los últimos 20 años de este informe, referente al proceso de extracción con fluido supercrítico, también se encaminaría el desarrollo del proceso de obtención de componentes bioactivos de los residuos de la industria vitícola y de la pepa de lúcuma.

Soh, et al, (2021) en su investigación “Análisis técnico-económico y de rentabilidad de la extracción de aceite de pachulí utilizando dióxido de carbono supercrítico”. Tuvo como propósito evaluar la parte técnica-económica y la rentabilidad de la extracción de aceite de pachulí utilizando dióxido de carbono supercrítico. Para la estimación económica y el análisis de la rentabilidad del proceso de extracción se utilizó 50 g de muestra seca, 15 g/min de flujo másico de CO_2 y las condiciones termodinámicas de presiones de 9-15atm y temperaturas de 30-40°C. Considerando diferentes presiones y temperaturas, y manteniendo la masa y el flujo constante, se logró concluir que la estimación de costos a diferentes presiones, temperaturas y flujo másico de CO_2 en el proceso de extracción del aceite de pachuli con el dióxido de carbono en estado supercrítico fue favorable. Por lo tanto, la implementación de una planta

industrial de extracción con fluido supercrítico es económicamente factible porque los análisis de sensibilidad revelaron que el precio de venta del aceite de pachulí tiene el mayor efecto sobre las ganancias anuales. Ante ello, se tomará como referencia los datos obtenidos en el análisis de los costos y la rentabilidad para el proceso de extracción del aceite de la pepa de uva y de lúcuma.

Guerrero, et al, (2019) en su investigación “Actividad biológica y caracterización química de las semillas de Pouteria lucuma: un posible uso de un residuo agrícola”. Uno de los primeros trabajos de investigación realizadas en el Perú, tiene como propósito caracterizar la composición química de los residuos agrícolas, para que no sean descartados como desechos. Para la caracterización del aceite de la semilla de lúcuma se utilizó el equipo HPLC (cromatografía liquida). Y para obtener el aceite de la pepa de lúcuma se tuvo que seguir las siguientes operaciones unitarias: secado, molido, extracción y finalmente evaporación. Con estos requerimientos, se detectó que la semilla de lúcuma tiene más de 59 compuestos que están agrupados en ácidos grasos, compuestos fenólicos y flavonoides. Cabe indicar que el contenido de estos compuestos le genera una alta actividad antioxidante y propiedades gastroprotectoras. Estos beneficios de la semilla de la lúcuma, que normalmente son descartados, abren la posibilidad de que este residuo sea empleado como suplemento nutricional en los alimentos. Asimismo, el resultado del análisis de la composición del aceite de la semilla de lúcuma servirá para tomar como referencia para el análisis del aceite que se obtendría con la tecnología supercrítica.

2.2. Marco Epistemológico

Para tener el conocimiento filosófico de la ciencia, es necesario remontarse a la época griega, donde tuvieron grandes reflexiones sobre el pensamiento científico, destacándose las corrientes aristotélicas y galileana. La ciencia aristotélica se fundamenta en la observación como paso inicial, seguido de la expresión de lo observado, otorgando importancia a la explicación para razonar sobre lo observado y proporciona una fundamentación científica, como señala (Salcedo, 2012). En este enfoque, la construcción de la ciencia se basa en principios, axiomas y teorías.

Por otro lado, la corriente filosófica Galileana, precursora “el método científico”, enfatiza la realización de experimentos repetitivos antes de formular una teoría. En este contexto, Galileo Galilei es reconocido por abogar por la obtención de valores reales a través de experimentos sistemáticos, como indica (Salcedo, 2012).

Al transcurrir de los tiempos en el siclo XIX, surgen grandes cambios en ciencias naturales, sociales y científicos. Y el posicionamiento del pensamiento filosófico en galileico-newtoneano. Donde para explicar el conocimiento filosófico se apoyaban en los resultados prácticos teóricos de la ciencia natural. Esto condujo al pensamiento del Positivismo el cual propone hacer ciencia siguiendo la física matemática matizando un poco con lo social (Salcedo, 2012).

El positivismo que fue propuesto por Augusto Comte (1798-1857), es escuela filosófica que está en contra de la doctrina epistemológica de Kant y el idealismo objetivo Hegel y Fichte. Además, también no comparte los postulados del

materialismo mecanicista y del materialismo dialectico e histórico. (Ñaupas, Mejia, Novoa, & Villagomez, 2013).

El estudio del conocimiento del positivismo planteado por Comte se inicia con el planteamiento de la aplicación de los métodos modernos de la ciencia como la observación, la medición y la experimentación esto condujo que el texto de la metodología de investigación de Ñaupas, el filósofo Sánchez Ramírez Huaranca (1999) propusiera el siguiente análisis, El positivismo nació debido a los avances y éxitos de la ciencia moderna en la aplicación y transformación de los hechos en el ecosistema. Los avances se atribuyeron a la aplicación de los métodos experimentales y de los trabajos de investigación analítica que explicaba las condiciones o causas de los orígenes de los fenómenos de la naturaleza, donde se le atribuye que los fenómenos naturales eran comportamientos que se generan en periodos de tiempos constantes (Ñaupas, Mejia, Novoa, & Villagomez, 2013). El aporte del positivismo fue poner en evidencia las características reales de los fenómenos naturales y sociales.

El ciclo pasado surge el Neopositivismo, que representa la tercera etapa del positivismo liderado por Comte, Jhon Stuart y Herbert Spencer, quienes plantean un enfoque lógico o empirismo lógico. El argumento fundamental de la corriente es que “Toda proposición es científica si tiene un método de verificación emperico o es analítica, es decir, que no necesita verificación si no demostración y esto solo es posible en las ciencias formales como la matemática y lógica” (Ñaupas, Mejia, Novoa, & Villagomez, 2013). En consecuencia, el pensamiento del neopositivismo indica que las leyes y la teoría deben ser verificados empíricamente a partir de los datos experimentales obtenidos (Ñaupas, Mejia, Novoa, & Villagomez, 2013).

A mitad del ciclo pasado surge otra corriente filosófica que es conocida como “El Enfoque de Sistemas” que fue propuesto por Ludwing Von Bertalanffy y plantea lo siguiente “un sistema es un conjunto de elementos interdependientes y por ende dependientes unos de otros”. Lo que establece es el estudio de la investigación se deben plantear de forma interdisciplinario y transdiciplinarios,

porque no existe fronteras definidas entre las plantas, animales, suelos, aguas, por ejemplo, tampoco existe cotas entra la economía, la sociedad y el hombre, estos sistemas forman parte de otros sistemas mayores, este enfoque ha sido aplicado inicialmente a la Biología recientemente ha sido aplicado a otras ciencias (Ñaupas, Mejia, Novoa, & Villagomez, 2013).

En la validación del conocimiento científico surge una corriente filosófica propuesto por Karl Popper el cual sostiene que los enunciados científicos son inverificables, lo que conduce a que no se puede demostrar irrebatiblemente las leyes universales mediante la razón y la costumbre, para ser sustituido por la noción de “corroboración o falsaciòn empírica”, donde esta propuesta se conoce como falsacionismo, el cual propone que la leyes de la ciencia no son verificables sino falsables, lo que significa que no podrá ser confirmado la veracidad de la leyes, en caso de ser confirmado su falsedad dichas leyes deben ser rechazados (Ynoub, 2015).

El punto de vista del relativismo considera que las verdades absolutas no existen, estas ideas son relacionados de manera genérica con las otras expresiones culturales conocidas como “posmodernas” (Maletta, 2015).

La corriente posmodernista sostiene que tanto la sociedad moderna y los avances tecnológicos están estructurados para ser dominantes y falaces, porque siguen campante con su planteamiento económico capitalista, no obstante, generen recesión y crisis. Por esta razón los filósofos posmodernos no se oponen a la realidad global de la modernidad, sino al enfoque general intelectual utópica y optimista que puede ser arrasado psicológico y culturalmente al progreso de la sociedad (Maletta, 2015).

El marco conceptual del relativismo sostiene que los conceptos y teorías científicas han sido “elegidos” o “privilegiados” por saberes mágicos, y que su relación con el contexto de la observación y la experiencia no existe. Por esta razón los productos intelectuales, aunque tengan méritos literarios o ideológicos, solo pueden ser considerados como corrientes y no pueden ser considerado

como conocimientos científicos debido a que carecen de elementos básicos que caracterizan la producción científica (Maletta, 2015).

Los filósofos antiguos menospreciaban a la ciencia y la tecnología porque según ellos en eran los causantes de los males sociales y morales por el progreso que se generaba en la sociedad, denominándolos “la ciencia deshumanizadora” y “la técnica esclavizadora” (Bunge, 2015). Esta actitud temerosa con la tecnología ha cambiado después de segunda guerra mundial actualmente existes institutos de investigación aplican lógicas epistemológicas en EEUU.
Según Bunge, (2015) en su libro la filosofía y otros ensayos define que la tecnología es todo sistemas prácticos fundado (denominado técnica científica), que es la técnica cognoscitiva. Mientras que la ciencia requiere de conceptos teóricos y métodos de investigación, el trabajo de investigación se emplea la tecnología de fluido supercrítico y para demostrar la viabilidad del proyecto ciertos conceptos teóricos termodinámicos y financieros.

El trabajo investigación que se desarrolla es enfocado en forma interdisciplinaria, inicialmente tanto el orujo de la uva y pepa de la lúcuma no se le daban ningún valor económico y social porque el destino final de estos desechos era el medio ambiente, no se tomaba en cuenta que dichos residuos generaban contaminación ambiental. En los últimos años se está tomando conciencia de no contaminar el medio ambiente y esto ha forjado que los residuos generados en las industrias sean aprovechados tanto económicamente y no generar contaminación ambientalmente. Esto condujo a proponer la extracción de los componentes bioactivos de los residuos del procesamiento de la uva y la lúcuma.

2.3. Bases teóricas

Los procesos de extracción, de los compuestos de alto valor agregado proveniente de los desechos agroindustriales, actualmente están orientados a utilizar métodos de tecnologías verdes. Debido a que los procesos convencionales utilizan grandes volúmenes de solventes orgánicos y para su eliminación requiere otra operación unitaria como la evaporación, esto implica mayor costo en energía y tiempo de operación. La tendencia actual es tratar de reemplazarlos por procesos de extracción que no emanen refluentes que contaminen el medio ambiente. Los métodos de extracción verde últimamente tienden a ser utilizados, porque son más selectivos en recuperar el producto deseado. Además, contribuye en el desarrollo de una más industria sostenible. (Belwal, et al., 2020).

Los compuestos con actividad antioxidante provenientes de los residuos agroindustriales, actualmente están siendo extraídos con la tecnología de fluido supercrítico, por la pureza y libre de residuos tóxicos este antioxidante puede ser utilizado en la industria alimentaria, farmacéutica y cosmética (Liscano, Davila, & Hertnandez, 2019).

Los procesos de extracción de las tecnologías verdes, en los últimos años se están investigando con mucha firmeza. Entre las nuevas tecnologías estudiadas están, la extracción de fluido supercríticos, la extracción de agua suscritica, la extracción asistida por ultrasonidos y la extracción asistida por microondas, cada una de estas tecnologías señaladas anteriormente son amigables con el medio ambiente. (Cantao , et al., 2021).

Las técnicas de extracción no convencionales como, la extracción de agua suscritica, la extracción asistida por ultrasonidos y la extracción asistida por microondas aún están a escala de laboratorio, mientras que la extracción con fluido supercrítico actualmente está siendo utilizado a nivel industrial. El solvente

más utiliza por sus peculiares características es CO_2 en el estado supercrítico (Chemat, et al., 2019)

La extracción de los componentes de bioactivos de los aceites esenciales que han sido extraídos con disolventes a alta presión, o fluidos supercríticos (FSC), ha recibido mucha atención en los últimos años y se ha utilizado para una amplia variedad de aplicaciones, especialmente en los alimentos, industrias farmacéuticas y cosméticas, porque la temperatura de operación es alrededor de 40ºC, preservando así la composición original de aceite y sus propiedades, así como la extracción con fluido supercrítico mejorar los resultados obtenidos con otras operaciones fisicoquímicas (Pourmortazavi & Hajimirsadeghi, 2007).

2.3.1. Productos agroindustriales

El Perú tiene entre los componentes de su flora una gran variedad de Plantas Aromáticas: hinojo, molle, eucalipto, orégano, romero, manzanilla, clavo de olor, cáscaras de diversos cítricos, flores aromáticas, etc. De toda esa cantidad de materia prima solamente la cáscara de limón es aprovechada para obtener aceites esenciales crudos, donde estos aún son purificados, desaprovechándose la oportunidad de que los agricultores tengan mayor valor agregado por sus cultivos.

Como es de conocimiento, el Perú exporta cantidad de productos de origen natural (cochinilla, páprika, aceite esencial, café, etc.), lo que se pretende es darles mayor valor agregado a estos productos, por ejemplo, exportar café descafeinado y cafeína. Otro factor importante es que tecnológicamente estemos a nivel de los países industrializados (Londoño, 2011).

2.3.2. Residuos Agroindustriales

Los residuos o subproductos generados en cualquier proceso productivo normalmente no son utilizados como materia en la cadena productiva. En el sector agroindustrial los residuos generados habitualmente son desechados al relleno sanitario o utilizado como compostaje para animales. Los residuos agroindustriales son definidos, según (Rosas, Ortiz, & Leyva, 2016), como materiales en estado solidos o liquido obtenidos a partir del aprovechamiento directo de los productos primarios o de su posterior industrialización, que ya no tiene utilidad para el proceso que los genero, sin embargo, estos residuos pueden ser aprovechados o transformados para obtener nuevos productos con valor económico, comercial social. En el sector agroindustrial se generan residuos específicos, con características optimas se pueden ser aprovechados en otra cadena de producción como en la industria alimentaria, farmacéutica o de refinería.

Los residuos agroindustriales que están siendo más utilizados en la última década, de acuerdo a las recientes investigaciones son los residuos provenientes de las frutas, el bagazo, el residuo proveniente de la producción de tequila, la cascarilla de arroz, los desechos cítricos, la cascara de plátano, la mazorca de maíz, la vinaza, los materiales provenientes de la verdura (cascaras, hojas, tallos y bagazo de fruta), (Hernadez, et al., 2016), entre otras.

Los residuos agroindustriales dependiendo de su transformación y de la materia prima utilizada poseen diferentes características o composición química y biológica, por lo general poseen materiales lignocelulosicos donde la lignina representa el compuesto con mayor porcentaje en comparación con la celulosa, hemicelulasa y lignina. Los desechos de las frutas, de tejidos blando, como los cítricos, el mango, el banano, la uva, el tomate, la zanahoria contienen componentes activos, como los

compuestos fenólicos, pigmentos antioxidantes y fibras dietéticas que pueden ser utilizados como aditivos en la industria alimentaria y farmacéutica (Alonso, et al., 2011).

Entre los cítricos que se cultivan más en el mundo están el limón y la naranja de sus residuos generados en su procesamiento se pueden obtener pectinas y flavonoides del primero de ellos y de la cascara de naranja se recuperan los flavonoide y aceites esenciales, Además el carotenoide se logra conseguir de la cascara de zanahoria y de los residuos del tomate (cascara y pepa) (Galanakis, 2012).

En la tabla 2.1 se muestra la composición de algunos residuos agroindustriales, se puede decir que la pepa de uva contiene el mayor porcentaje de lignina comparado con los otros residuos además posee una cantidad considerable de grasa que solo es superado por el salvado de arroz.

Tabla 2. 1: Composición química (%) de algunos residuos de la agroindustria

Residuo Agroindustrial	Carbohidratos	Fibra	Ceniza	Pectina	Grasa	Proteína	Lignina
Bagazo de caña de azúcar	66.48	-	8.80	-	-	2.30	17.79
Salvado de arroz	14.10	26.90	3.40	-	30.40	38.20	25.63
Salvado de trigo	56.80	33.4	3.9	-	3.50	13.20	5.60
Residuo de café	55.58	60.46	1.30	-	2.29	17.44	23.90
Grano pasado de la cervecera	79.90	3.30	7.90	-	-	2.40	30.48
Piel de yuca	75.50	11.20	2.40	-	3.10	1.70	1.92
Orujo de manzana	48.00	-	4.70	-	-	3.90	23.50
Orujo de aceituna	34.80	-	6.60	-	16.65	0.40	43.20
Cáscara de plátano	79.00	9.30	27.00	-	3.00	0.60	6.40
Cáscara de cítricos	30.00	-	1.70	14.40	-	7.90	1.00

Fuente: (Galanakis, 2012)

2.3.3. Residuos de la uva

La vid vitis vinífera L. pertenece a la familia de las vitáceas donde la mayoría de los cuales son trepadoras que producen frutos de uva donde las bayas pueden tener una variedad de formas, esféricas, alargadas, curvadas, ovaladas, entre otras. Dependiendo de la variedad, la baya se puede presentar en colores que van desde verdoso, amarillento, rosado, rojo, violeta y negro azulado. En Figura 2.1 se pueden observar las diferentes coloraciones que presenta la uva. (Gil, 2013)

La baya está conformada básicamente por el pericarpio y las semillas, el pericarpio normalmente se subdivide en epicarpio, endocarpio y mesocarpio, al primero comúnmente se le conoce como hollejo o cascara que representa del 8 al 20% del peso de la baya, mientras que al endocarpio que es la pulpa esta entre 75%-85%. Las semillas constituyen están entre 0-6% del peso de las bayas (Gil, 2013).



Figura 2. 1:Racimo de Uva

Fuente: (Pascual, 2017)

La baya de la uva está constituida básicamente por la pulpa, semillas, raspón, semillas, hollejo y pedicelo; como es mostrado en la figura 2.2. Donde además se muestran los porcentajes de cada uno de las partes.

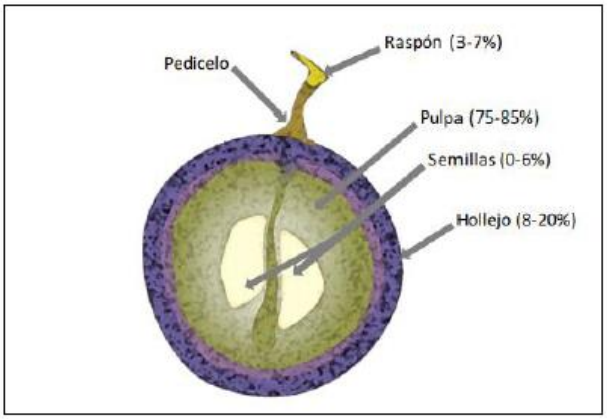


Figura 2. 2:Composición física de la uva

Fuente: (Pascual, 2017)

La producción de uva a nivel mundial en los últimos tiempos se ha incrementado en casi en 100 % desde el año 2000 según los estudios estadistas realizados por (Meza, 2019). En dicho trabajo también indica que los mayores productores de uva son China con 18%, Italia (9.6%) y Estado Unidos (8.3%). Mientras que Perú solo produce el 0.9% de uva a nivel mundial.

En el Perú la producción de uva en los últimos seis años tiene un rendimiento de 22.52 tn/ha. Además, se puede observar en la tabla 2.2 un incremento en la producción y la cosecha por hectárea desde el año 2019.

Tabla 2. 2:Producción de uva en el Perú del periodo 2021- 2015

Año	Producción (tn)	Rendimiento (tn/ha)
2021	751219.77	25.52
2020	709199.46	23.00
2019	688487.13	21.01
2018	651229.06	19.94
2017	654564.78	21.54
2016	691151.31	24.00
2015	597943.08	22.42

Fuente: (Minagre, 2022)

Las principales bodegas de producción de vino y de pisco se encuentran en la región de Ica, al sur de la capital del Perú. La industria vitivinícola peruana está en un proceso de renovación tecnológica, con la finalidad de no solo producir para mercado local sino también poder exportar. Cabe destacar que el consumo de la bebida espiritosas está aumentando considerablemente por el ascenso económico de la población y el impulso de la gastronomía turista (Gennari & Estrella, 2015).

En la tabla 2.3, se puede apreciar la producción del vino y pisco, donde se puede destacar que la producción de vino desde año 2018 ha tenido un aumento en la producción de casi de 2 millones de litros por año. Mientras que la producción del pisco ha sido desfavorecida en su producción.

Tabla 2.3: Producción anual de vino y pisco en el periodo 2016-2020

Año	Pisco (lt)	Vino (lt)
2020	4253956	17171468
2019	4964516	15108532
2018	5209545	13774609
2017	4218399	10862037
2016	4290897	11135486
2015	3762266	11231875
2014	3434488	11841040
2013	2827768	10104483

Fuente: (Inei, 2017)

En el procesamiento de la uva se generan gran cantidad de residuos que está constituido básicamente de cascara, semilla y raspón. En donde se ha determinado que, en el proceso de obtención del vino, se generan 31.7kg y 25 kg de residuos, para obtener de 100 litros de vino blanco y vino tinto respectivamente. Además, se determinó que el bagazo constituye el 63% de los desechos generados en procesamiento de la uva (Lopez, 2003). Estos residuos están constituidos por compuestos de

actividad antioxidante, fibras, proteínas y ácidos grasos, por su alto contenido de compuestos fenólicos, provocan olores desagradables, Además, dificultad la degradación biológica por poseer compuestos antibacterianos y fito-toxicos (Bustamante, et al., 2008).

De acuerdo al estudio realizado por los investigadores Álvarez, et al., (2019). comprobaron que por cada 100 kilo de uva procesada se generan alrededor de 25 kg de desechos aproximadamente, dichos resultados coinciden con valores informados por la Organización Internacional del Vino (OIV).

El bagazo obtenido, del procesamiento de la uva, está constituido básicamente de cascara y semilla, Por los grandes volúmenes producidos se vuelve un problema ambiental porque en corto tiempo, estos desechos disminuyen el pH, generarán gases hediondos y dificultad el crecimiento vegetal. Por otro lado, por poseer altos contenidos de fibra y compuestos fenólicos, pueden ser aprovechados para generar productos innovadores y funciónales. El aprovechamiento de estos residuos puede disminuir el impacto ambiental, dándole un valor agregado al residuo generado en el procesamiento de la uva (Gil, 2013).

El bagazo de uva tal cual puede ser utilizado como fuente dietética a base de fibra, porque está constituido principalmente por lignina, hemicelulosa, celulosa y pectina (Yi, et al., 2009). Además, el bagazo presento efectos positivos sobre la fermentación de la leche en la producción del yogur, lo cual genero la sugerencia para la aplicación de productos prebióticos con contenidos fenólicos (Hernández , Pintado, Rotger , & Goñi, 2009).

Los compuestos metabólicos secundarios denominados fenoles se encuentran en la uva distribuida manera heterogénea. Asimismo, se puede señalar que estos compuestos fenólicos se encuentran en 84% en la semilla, 15% en la cascara y 1% en la pulpa, agregando a lo mencionando anterior se puede indicar que en la cascara predominan los

flavonoides y en las semillas prevalecen los taninos y los ácidos grasos (Pastrana, Akoh, Sellappan , & Krewer, 2003).

Actualmente los compuestos fenólicos, que contienen esencialmente los flavonoides, son muy costosos cuando son utilizados como aditivos nutricionales y como materia prima en la industria de los cosméticos. Por lo tanto, de los estudios realizados, se indica que es factible recuperar los compuestos fenólicos contendidos en la semilla y las cascara de la uva. Esto le proporcionará mayor significancia al bagazo de la uva (Brazinha & Crespo, 2010).

Del bagazo de la uva se puede aprovechar la cascara y la semilla que representa el 52% en peso. Se debe señalar que la pepa de uva contiene en base seca aproximadamente 40 % de lignina, 12% de proteína y 12 % de grasas, donde esto valores pueden variar dependiendo del tipo de uva (Spanghero, Salem, & Robinson, 2009).

El aceite obtenido de la semilla de la uva recientemente está siendo utilizado en la industria farmacéutica y cosmética por que posee una composición de 10% de ácidos grasos saturados y 90% ácidos grasos poliinsaturados y monoinsaturados. Además, estos ácidos grasos poliinsaturados contienen el linoleico (58-78%) y el oleico (3 a15%), también puede ser utilizados a elevadas temperaturas porque su temperatura de humo esta entre 190-230 ^{o}C (Bail , Stuebiger, Krist , Unterweger , & Buchbauer, 2008). También se conoce que el aceite de la semilla de uva es semejante al aceite obtenido de la soja, por este motivo actualmente los mayores productores de aceite de la pepa de uva son Italia, Francia y España.

2.3.4. Residuos de la lúcuma

La lúcuma es una fruta nativa que se produce en las regiones de América del Sur, particularmente en altitudes que oscilan entre 1000 a 3000 metros sobre el nivel del mar. Un rasgo distintivo de la lúcuma es su capacidad para madurar incluso después de ser cosechada, lo cual se manifiesta en el cambio de color de verde a amarrillo en su cascara. En el Perú, los principales productores se concentran en los valles Cañete, Huaral, Huacho y Chincha (Guerrero P. A., 2018).

Conforme a las directrices de CODEX (2011) sobre la norma de la lúcuma, su denominación dependerá de la característica de la pulpa. En el caso de una pulpa suave, se le clasifica como “seda”, mientras que, si es dura, se le denomina “palo”. Además, existes muchas variedades en diferentes regiones que aún no han sido domesticadas.

A continuación, en la tabla 2.4 se muestra las características de la lúcuma de seda y de palo, donde se puede apreciar los porcentajes de cáscara, semilla y pulpa. Por otro lado, se muestra en la figura 2.3 se las partes de la lúcuma.

Tabla 2. 4: Características físicas de la lúcuma de seda y palo

	Unidad	Lúcuma de seda	Lúcuma de palo
Semilla	%	13	11
Cascara	%	10	9
Pulpa	%	77	81

Fuente: (CODEX STAN 305R, 2011)

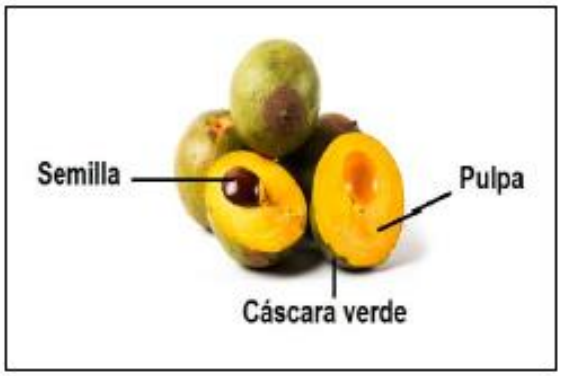


Figura 2. 3: Partes de la lúcuma
Fuente: (Del Castillo, 2006)

La semilla de la lúcuma puede medir de 2 a 4 cm de diámetro aproximadamente, tiene la forma de un ovoide o esférica y está cubierta de una epidermis gruesa de color marrón oscura, además dependiendo de la variedad estos frutos pueden tener de uno a cinco semillas (Guerrero P. A., 2018).

Por la tendencia del consumo del fruto de la lúcuma, se ha aumentado la siembra de la lúcuma, que inicialmente se concentraba en los valles de Lima provincia, pero ahora se puede encontrar también en Ayacucho, La Libertad, Cajamarca y Huancavelica, por lo que se vienen beneficiando económica y socialmente estas zonas productoras. No obstante, el aumento de la demanda del fruto y sus derivados trae consigo la generación de residuos que no siempre terminan siendo tratados o mitigados adecuadamente. En el caso de la Lúcuma, es la semilla la que no termina teniendo una utilidad industrial por lo que sencillamente es desechada y en el peor de los casos quemado teniendo implicancias medioambientales (Alvarez, Chumpitas, & Huayta, Recovery and characterization of Lucuma seed starch (Pouteria lucuma) with potential industrial application, 2020).

La superficie de cosecha de lúcuma a nivel nacional en los últimos años es de 14430TN/año aproximadamente, por la corriente del niño el año 2016 la cosecha se redujo drásticamente. En la tabla 2.5 se muestra la cosecha anual en cada uno de los departamentos del Perú. También cabe

resaltar que la mayor producción de lúcuma se da en la región de Lima y la de menor en el departamento de Lambayeque (Malpartida , et al., 2021).

La lúcuma es un fruto que está constituido de una parte externa carnosa comestible e internamente de una semilla dura que no es comestible, que generalmente cuando la fruta es consumida o procesada es desechada. Es conveniente subrayar que una las fuentes de ácidos grasos naturales es la nuez de la lúcuma. Además, los ácidos grasos de la pepa de lúcuma tuvieron efectos favorables en el tratamiento de la cicatrización de las heridas y regeneración de la piel, como se indicó anteriormente, el aceite, pueden tener aplicaciones en el campo de la medina (Rojo, et al., 2010).

Tabla 2. 5: Producción de lúcuma del año 2014 A 2018 (TN)

Departamento	2014	2015	2016	2017	2018
Ancahs	201	127	15	97	128
Apurimac	92	89	14	43	50
Arequipa	578	516	86	559	548
Ayacucho	446	405	63	379	226
Huancavelica	48	52	6	54	59
Huánuco	87	110	13	126	140
Ica	1659	1732	157	1906	2031
Junín	83	95	16	104	79
La Libertad	775	806	119	944	971
Lambayeque	3	33	13	0	25
Lima	10953	10369	929	9297	8500
Loreto	126	113	21	132	136
Moquegua	90	90	14	122	129
Pasco	168	117	24	120	95
Piura	244	165	89	159	187
Total	**15553**	**14819**	**1589**	**14042**	**13304**

Fuente: (Minagre, 2021)

Rojo, et al., (2010) extrajeron y analizaron al aceite de la semilla de lúcuma, con el propósito de extraer el óleo se utiliza un solvente orgánico, con la finalidad de eliminar el solvente y obtener un aceite al 99.7% de pureza se utilizó un evaporador al vacío. El aceite obtenido se caracterizó por cromatografía gaseosa, el análisis obtenido muestra la siguiente composición, 38.9 % de ácido linoleico, 27.9% de ácido oleico, 18.6% de ácido palmítico, 8.9% de ácido esteárico, 2,9% de gamma-ácido linoleico y el resto está constituido por 16 ácidos grasos en concentraciones bajas, los resultados mostrados están en porcentaje en peso.

En establecimientos como pastelerías, heladerías y juguerías, el fruto de la lúcuma es uno los insumos más utilizados. Además, este fruto está siendo procesado para obtener pulpas y harinas. Sin embargo, el masivo consumo de este insumo ha generado miles de toneladas de semillas que actualmente son descartadas (Guerrero, et al., 2019).

En la nuez de Pouteria lucuma se ha reconocido aproximadamente 59 compuestos entre estos se pudieron identificar a los aminoácidos, ácidos orgánicos, ácidos fenólicos, alcoholes fenólicos, flavonoides, lípidos y ácidos nucleicos. Por los ensayos de “prueba de decoloración por radicales catiónicos” y “actividad gastroprotectora” realizados a estos compuestos comprobaron que, los aceites de la semilla de lúcuma poseen actividad antioxidantes y propiedades gastroprotectoras (Guerrero, et al., 2019).

Por lo tanto, el autor concluye que la semilla de lúcuma podría ser utilizado como un suplemento nutricional.

En los últimos años, la lúcuma ha presentado una creciente demanda. En el año 2015 se exporto 66% más respecto al año 2014, teniendo entre sus principales derivados de exportación a la pulpa (64 %) y Polvo (22%), haciendo un total de exportación de 50 000 toneladas métricas (Indecopi, 2015). El aprovechamiento industrial del fruto está representado principalmente por la pulpa (65-70% del fruto), generando residuos que

van desde la cascara (18-21%) y semillas (10-13% del fruto). La cascara generalmente contiene restos de pulpa (fuente de azúcar fermentables) que permitiría su compostabilidad y/o biodegradación para la obtención de etanol.

Por otro lado, la semilla es un residuo que a la fecha no se ha evidenciado estudio para su aprovechamiento. Los volúmenes de exportación desde año 2016 hasta el año 2021 en promedio fueron casi de 50000 toneladas/año (Minagre, 2021), Así mismo se conoce que se están generando casi 5000 toneladas de semillas por año que no están siendo aprovechadas (Alvarez, Chumpitas, & Huayta, Recovery and characterization of Lucuma seed starch (Pouteria lucuma) with potential industrial application, 2020)

2.3.5. Compuestos bioactivos

Compuestos bioactivos, son aquellos que se encuentran en ciertos alimentos y cumplen la función de promover la buena salud (licopeno, resveratrol, lignanos, taninos, índoles, etc.)

a) Polifenoles

Los polifenoles son un conjunto heterogéneo de moléculas con actividad antioxidante que incluye a los fenoles ácidos y flavonoides. En términos generales, los fenoles ácidos se caracterizan por tener un anillo aromático central como en el caso del ácido cinámico y otros derivados (Drago , López , & Sainz, 2006). En la figura 2.4 se muestra como cambiando los radicales se obtienen la estructura de algunos fenoles ácidos.

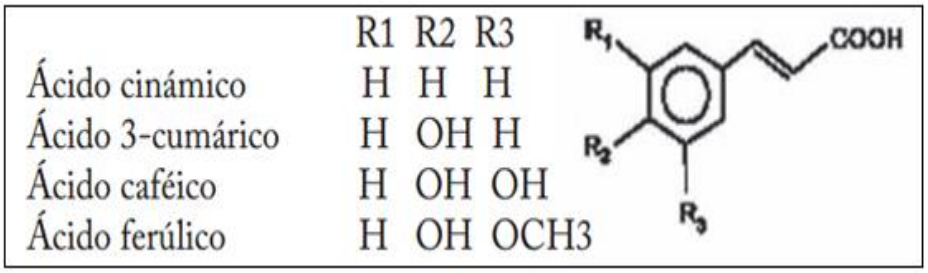


Figura 2. 4:Estructura de algunos fenoles ácidos

Fuente: (Drago , López , & Sainz, 2006)**.**

b) Fitoestrógenos

En la figura 2.5 se puede apreciar los cuatro grupos principales de fitoestrógenos que son: isoflavonas, cumestanos, lignanos y flavonoides. Las isoflavonas son derivados de las flavanonas. Las isoflavonas poseen un anillo unido en el carbono 3 del heterociclo central a diferencia de las flavanonas cuyo anillo está unido en el carbono de dicho heterociclo. (Drago , López , & Sainz, 2006).

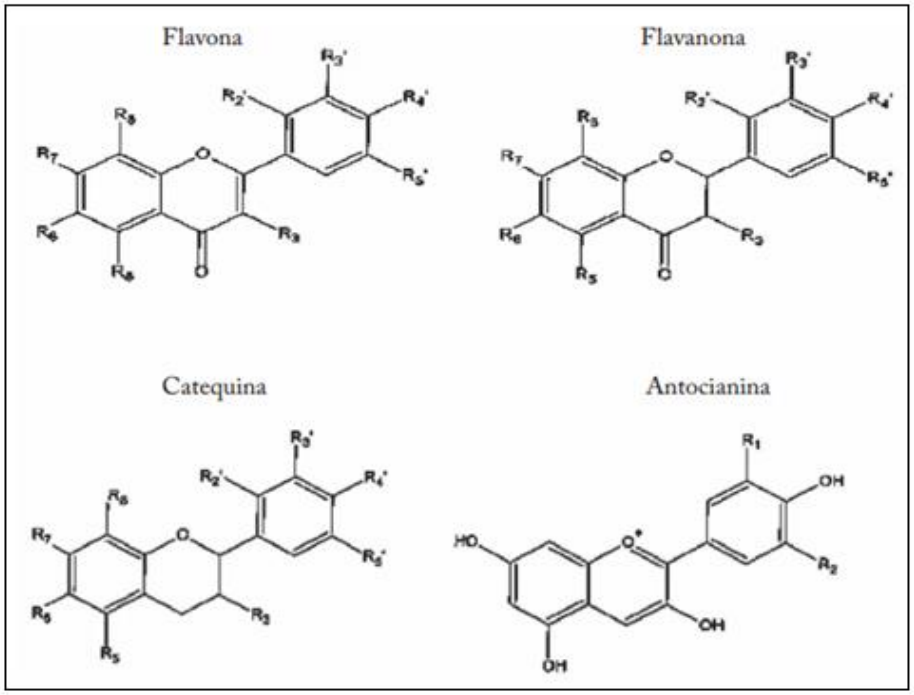


Figura 2. 5: Estructura molecular de los cuatro grupos de flavonoides

Fuente: (Drago , López , & Sainz, 2006).

c) Isoprenoides

Diversas clases de lípidos que pertenecen a este grupo se caracterizan por estar formados por unidades repetitivas de isopreno.

Los isoprenoides se clasifican en: terpenos, esteroides e isoprenoides mixtos.

Terpenos: son moléculas lineales formadas de unidades poliméricas de isopreno con propiedades antioxidantes que protegen a lípidos y componentes celulares del ataque de agentes oxidantes como radicales libres de oxígeno, superóxido y grupos hidroxilo reactivo.

Esteroides, los fitoesteroles y fitoestanoles son los miembros más importantes de este grupo cuya estructura es semejante al colesterol de origen animal. Estas moléculas no son sintetizadas por el humano, derivan exclusivamente de productos de origen vegetal como aceite de maíz, germen de trigo, nueces, cereales y frijoles

Isoprenoides mixtos. Los isoprenoides mixtos contienen una cadena lateral formada de unidades de isopreno unida a un anillo cromanol no terpenoide denominada fitil. A este grupo pertenecen los submiembros de la vitamina E como son los tocoferoles (alfa, beta, gama y delta) y los tocotrienoles (Drago , López , & Sainz, 2006).

d) Alimento funcional

Diversos compuestos bioactivos que poseen efectos farmacológicos terapéuticos provienen de alimentos funcionales de origen animal o de plantas, sean estas comestibles o no. Los alimentos funcionales se definen como los productos alimenticios de origen animal o vegetal, consumidos en la dieta diaria, que además de aportar nutrientes poseen

componentes bioactivos. Estos compuestos ejercen efectos farmacológicos que modulan funciones terapéuticas en el cuerpo que resultan benéficas para la salud. En ciertos casos, dichos componentes bioactivos han sido distribuidos comercialmente como productos nutracéuticos; los nutracéuticos se caracterizan por ser suplementos dietéticos bioactivos benéficos para la salud que se ingieren en forma concentrada en píldoras, pastillas, cápsulas o tónicos. En la industria farmacéutica, los alimentos funcionales de origen vegetal representan una fuente potencial de componentes bioactivos para el desarrollo de fármacos inocuos y altamente eficaces. Considerando la importancia terapéutica de fitoquímicos derivados de vegetales incluidos en la dieta diaria, a continuación, se exponen las propiedades farmacológicas más conocidas de algunos productos bioactivos presentes en alimentos funcionales de origen vegetal (Drago , López , & Sainz, 2006).

A contracción en la figura 2.6 se muestran a los principales fitoesterones que con compuestos químicos no esteroides que se encuentran en los vegetales.

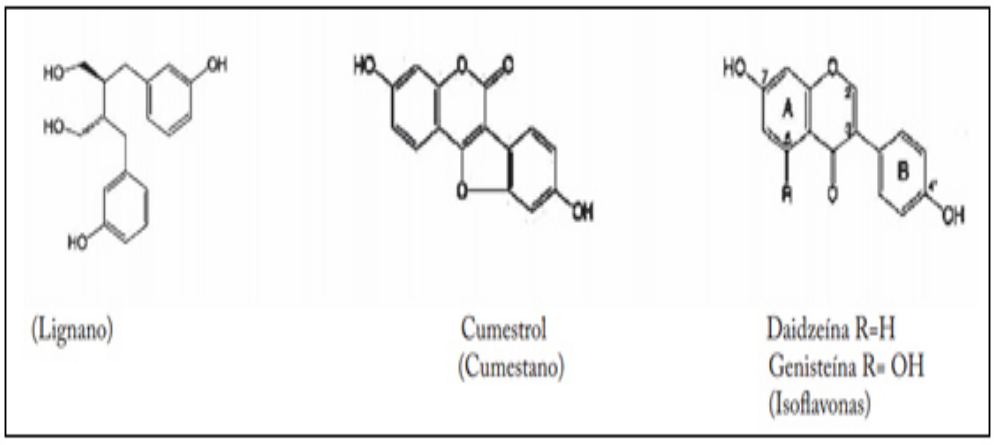


Figura 2. 6: Estructura química de algunos fitoestrógenos más representativos.

Fuente: (Boessio & Portella, 2009)

2.3.6. Fluido Supercrítico

Una sustancia en estado supercrítico es cuando se torna altamente comprimible a ciertas condiciones por encima de su punto crítico ($T > T_C$, $P > P_C$). Por esta razón numerosos científicos consideran como gases densos al fluido supercrítico. Además, porque su densidad fluctúa entre el estado gaseoso y líquido (Smith, 2013).

Los compuestos que se encuentran por encima de la temperatura critica (Tc) y presión critica (Pc) es considerado como fluido supercrítico, en la tabla 2.6, se muestra las variables termodinámicas críticas de algunos hidrocarburos, alcoholes y gases. Sin embrago entre los fluidos supercríticos mencionados el más utilizado es el dióxido de carbono (CO_2) a nivel industrial porque, no es inflamable, es inocuo, es fácil de conseguir y económico (Uwineza & Waśkiewicz, 2020).

Tabla 2. 6:Variables termodinámicas críticas de algunos disolventes

Solvente	PM (g/mol)	Tc (ºC)	Pc (Mpa)	ρc (kg/m^3)
Dióxido de carbono	44	31.1	7.38	469
Agua	18	373.3	22.12	384
Metano	16	-82.6	4.60	162
Etano	30	32	4.87	203
Propano	44	96.8	4.25	217
Etileno	28	9.4	5.04	215
Propileno	42	91.9	4.60	232
Metanol	32	239.6	8.09	272
Etanol	46	240.9	6.14	276
Acetona	58	235.1	4.70	278

Fuente: (Uwineza & Waśkiewicz, 2020).

En la figura 2.7 se muestra las fases sólidas, liquida, gaseosa y el punto triple donde las tres fases coexisten. Además, se puede apreciar la zona de líquido compresible y vapor sobrecalentado. Finalmente se puede

visualizar que la región donde se sitúa el fluido supercrítico está por encima de la Tc y Pc, donde el fluido se comporta como un gas porque se comprime con facilidad y como líquido porque su densidad (g/cm^3) es cercana la unidad (Uwineza & Waśkiewicz, 2020).

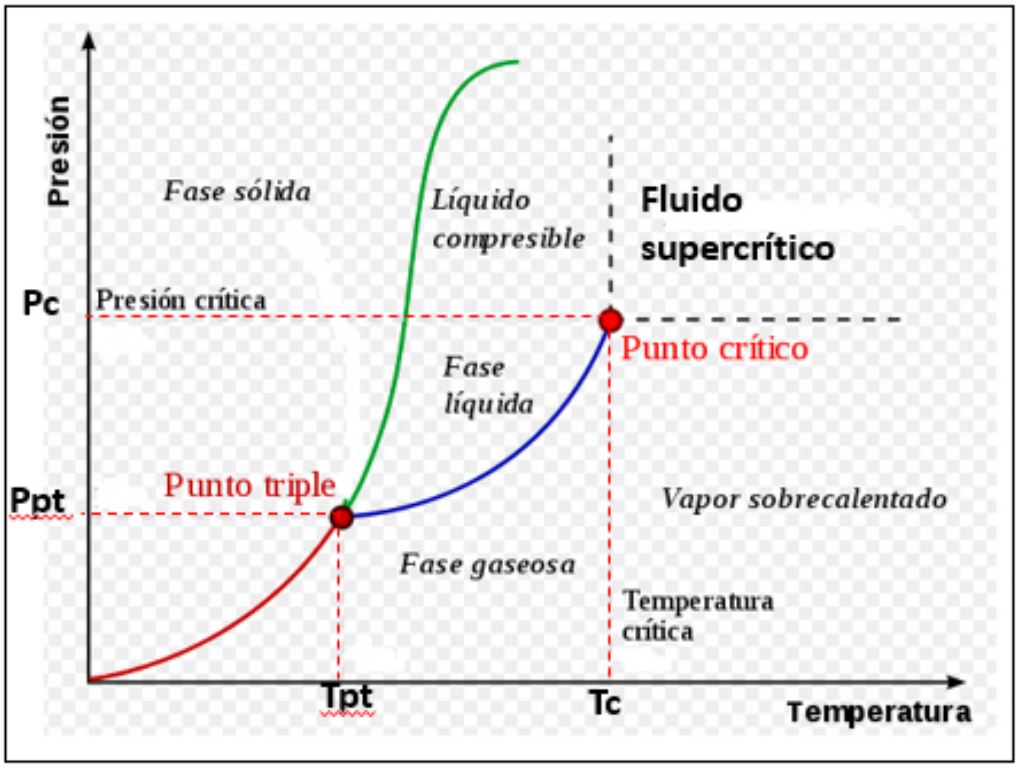


Figura 2. 7:Diagrama de fases P-T

Fuente: (Budisa & Makuch, 2014)

En la figura 2.8. Se muestra que las condiciones críticas del CO_2 (Tc=31.1ºC, Pc=7.3MPa y ρ =0.467g/cm3). Además, el contorno de las líneas discontinuas representa la región liquido vapor. También, en la región critica podemos observar cuando la presión se mantiene a 12MPa y la temperara varia de 31.1 a 120 ºC la densidad cambia de 0.8 a 0.2 g/cm^3. Por lo tanto, su densidad varía en función de la presión y temperatura, pequeños cambios en las variables termodinámicas generan grandes cambios en la densidad y mayor poder de solubilidad (Budisa & Makuch, 2014)

Las propiedades fisicoquímicas de los fluidos supercríticos se localizan entre el estado líquido y gaseoso, determinada principalmente por su baja viscosidad, elevada densidad y alta difusividad, estos parámetros pueden ser modificados con pequeños cambios en la presión o temperatura (Uwineza & Waśkiewicz, 2020). Por lo expuesto anteriormente el fluido supercrítico, posee alto poder de difusión esto genera alta tasa de trasferencia de masa y su alta densidad ayuda al proceso de extracción.

En la tabla 2.7, se muestra la densidad, viscosidad y difusividad de los gases, líquidos y de los fluidos supercríticos. Se observa que los valores del FSC de la densidad están próximo al estado líquido. Asimismo, la viscosidad se localiza entre los gases y los líquidos. Por último, el coeficiente de difusividad es más grande que los gases.

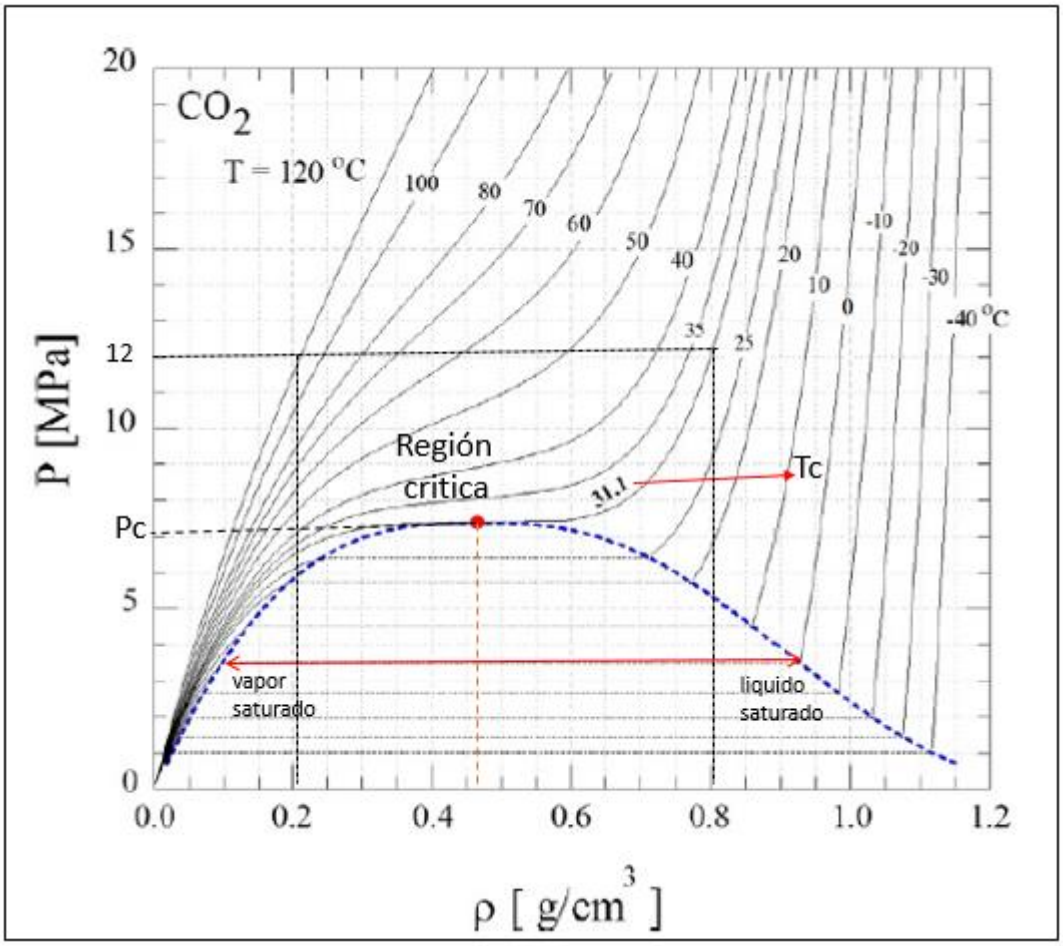


Figura 2. 8:Diagrama de fase de Presión- densidad
Fuente (Smith, 2013)

Tabla 2.7: Parámetros fisicoquímicos de los gases, líquidos y fluidos supercríticos (FSC)

Estado	Densidad (kg/m^3)	Viscosidad (μPa)	Difusividad (mm^2/s)
Gases	1	10	1-10
FSC	100-1000	50-100	0.01-0.1
Liquido	1000	500-1000	0.001

Fuente: (Uwineza & Waśkiewicz, 2020)

2.3.7. Proceso de Extracción con Fluido Supercrítico

Procesos de extracción, es el procedimiento de separación de una sustancia que puede disolverse en dos disolventes no miscibles entre sí.

La operación unitaria, que puede aislar uno o más compuestos de un sustrato sólido o de una solución, es la extracción que utiliza como solvente al CO_2 en la región supercrítica. La factibilidad de disolver con el CO_2 supercrítico, dependerá de la temperatura y la presión para aumentar o disminuir la solubilidad del soluto en el CO_2 supercrítico (Smith, 2013).

En la figura 2.9 se puede apreciar que, a 15 MPa y 313 K, el componente activo exhibe apreciable solubilidad en el CO_2sc. Por lo tanto, se puedo afirmar que un sustrato solido que contenga un componente activo puede ser disuelto por el CO_2sc a 15 MPa (proceso de extracción) y finalmente a 5 MPa el CO_2 es despresurizado separándose del componente activo extraído.

El proceso de extracción con se CO_2sc, se inicia con la carga de la materia prima en un recipiente de extracción o extractor, en seguida se hace que fluya el CO_2 al extractor hasta que alcance las condiciones supercríticas,

luego el CO_2sc y la materia actica disuelta pasan por la válvula reductora donde el CO_2sc se despresuriza. Para finalmente el CO_2 en estado gaseoso y la materia activa son separados en recipiente de separación.

En la figura 2.10, se muestra las operaciones las operaciones unitarias para el proceso de extracción con fluido supercrítico. En los compartimientos discontinuos se puede apreciar el almacenamiento y el abastecimiento de CO_2, el proceso de extracción, la separación que consta de la válvula reductora y el separador y el proceso de reciclamiento de CO_2.

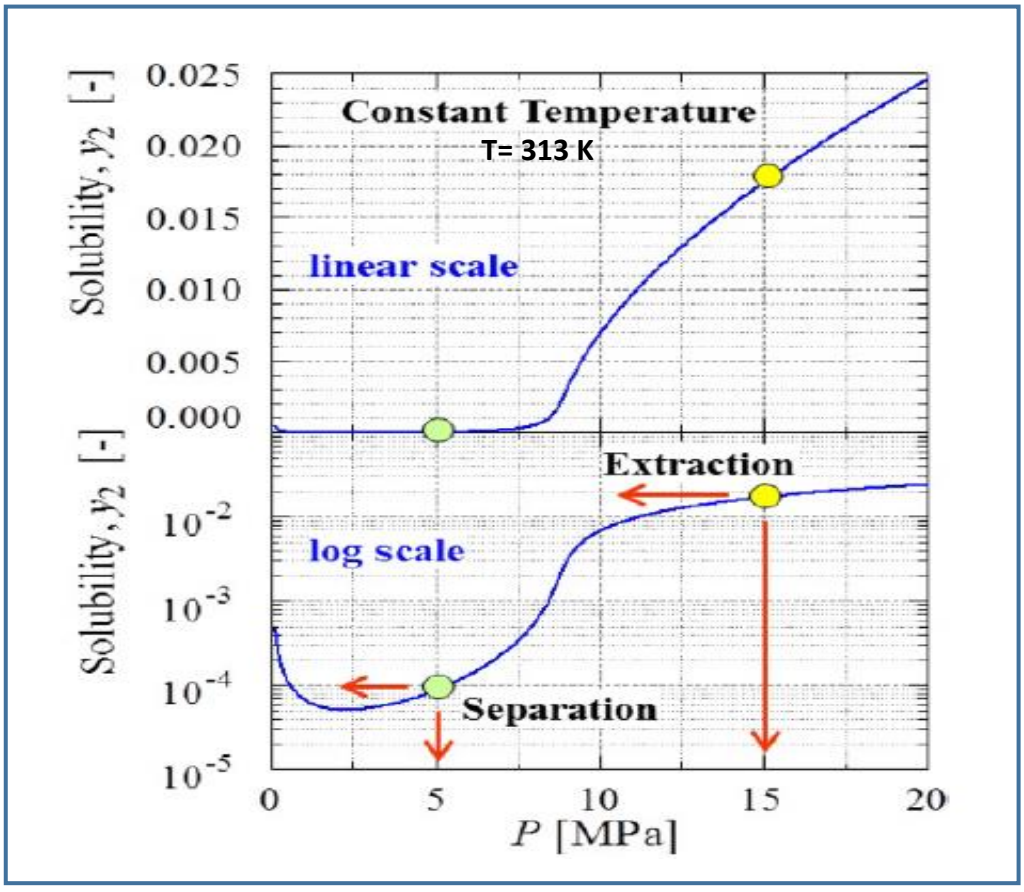


Figura 2. 9: Solubilidad de un componente activo en CO2sc en función de la P-T (escala lineal y logarítmica)
Fuente: (Smith, 2013)

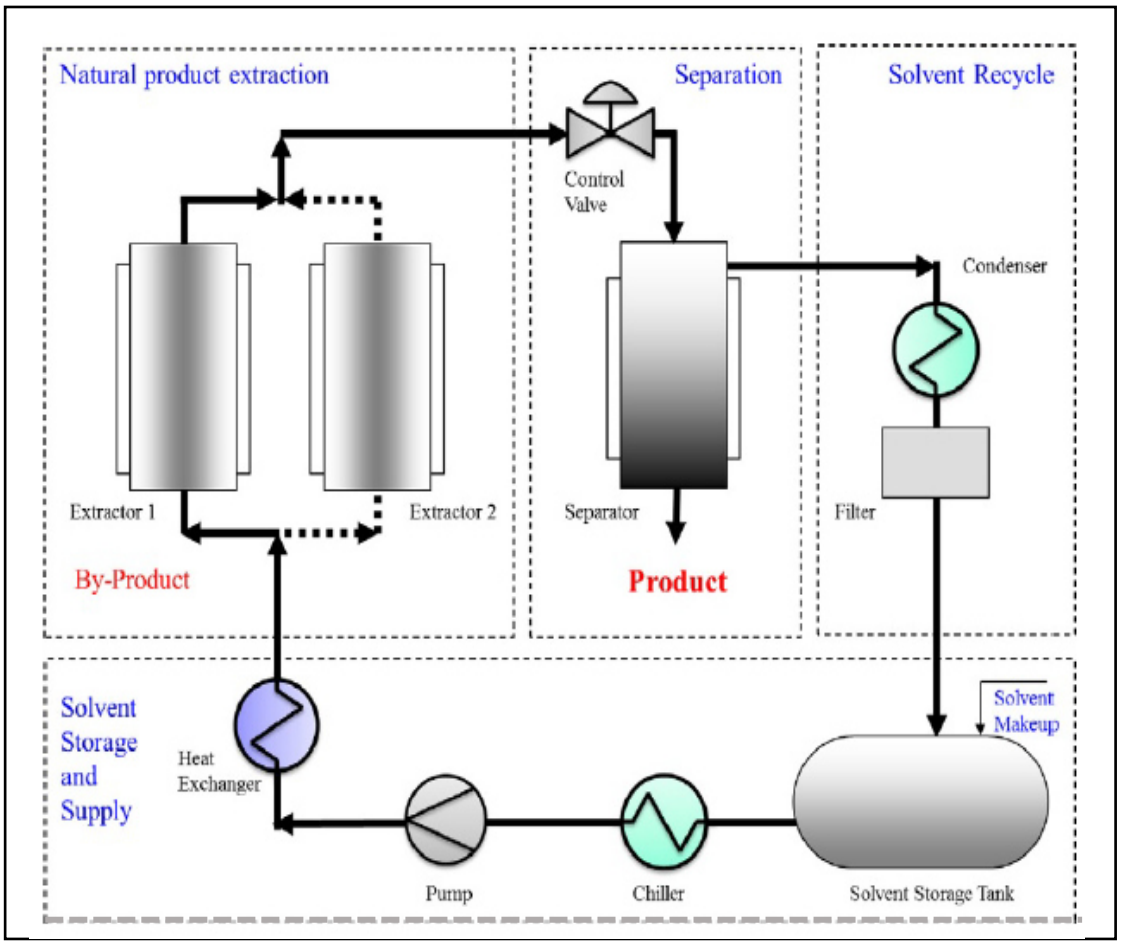


Figura 2. 10:Diagrama de flujo del proceso de extracción con CO2sc
Fuente: (Smith, 2013)

Existe una variedad de solventes que pueden ser aplicados en el proceso de extracción, tales como vapor de agua y solventes orgánicos. El potencial de cada uno de estos solventes es limitado por el costo y selectividad de la operación. Para grandes volúmenes de producción, la tendencia es optar por el arrastre de vapor, porque se requieren equipos convencionales, más tiende a promover alteraciones secundarias en el producto final. Utilizando un solvente orgánico, el producto final obtenido poseerá a dicho solvente en pequeña proporción que es perjudicial para la salud. La extracción con dióxido de carbono supercrítico exige una inversión mayor y es extremadamente específica en su disolución, por lo tanto, es el más indicado en la obtención de extractos de productos naturales de baja concentración. (Huayta, 1996)

En la tabla 2.8, se indican las diferentes técnicas de procesos de extracción y la descripción de los métodos que se utilizan para extraer los componentes activos de las muestras.

Los procesos de extracción que se utilizan actualmente a nivel industrial es la extracción con solventes orgánicos seguido por el proceso por arrastre de vapor, el inconveniente que presentan estos métodos es que el primero requiere una operación unitaria adicional como la destilación o evaporación para reducir el solvente en la materia extraída, mientras que la segunda operación opera a altas temperaturas y daña las propiedades funcionales del producto extraído. Por las razones mencionadas anteriormente, las investigaciones de las últimas décadas indican que la extracción con CO_2 es estado Fluido Supercrítico se presenta como una alternativa favorable para extraer componentes activos de la matriz vegetal.

Tabla 2. 8 :Distintos métodos de extracción

Técnica de extracción	Descripción
Maceración	La muestra se coloca en el recipiente de extracción y se la mantiene en contacto con el disolvente extractante el tiempo necesario a una temperatura determinada. Se hace necesaria una filtración de la muestra
Soxhlet convencional	La muestra se coloca en un recipiente de extracción y se lixivia con el disolvente caliente en un extractor Soxhlet durante un tiempo determinado. La evaporación del disolvente se hace por separado.
Soxlet automatizada	La muestra se coloca en un recipiente de extracción y es introducida en el disolvente hirviendo durante 30-60 minutos. El recipiente es entonces sometido a la extracción Soxhlet con reflujo del disolvente. Es posible hacer una evaporación del disolvente.
Enzimática	La muestra es tratada con enzimas para degradar los tejidos y paredes celulares para facilitar de esta forma el proceso de extracción.
Asistida por Ultrasonidos	La muestra a extraer se coloca en un recipiente de extracción y se le aplican ultrasonidos, pudiendo controlar la temperatura. Se hace necesario la filtración y en ocasiones la centrifugación del material.

Fluidos Supercríticos	La muestra se coloca en una cámara a alta presión y es extraída con el fluido supercrítico que puede circular a través de la muestra en circuito cerrado o abierto (p.ej. CO2 a presiones mayores de 72 atm. y a temperaturas mayores de 33 ºC). Después de la despresurización, los analitos son recogidos en un pequeño volumen de disolvente orgánico o en una trampa sólida.
Asistida por Microondas	La muestra se coloca en un recipiente abierto o cerrado y se le adiciona el disolvente de extracción. Seguidamente se le suministra energía en forma de microondas.
Fluidos Presurizados	La muestra se coloca en el recipiente de extracción y se presuriza con el disolvente, habitualmente calentado por encima de su punto de ebullición. El extracto es liberado y transferido a un vial.

Fuente: (Fernández, 2007)

a) Evaluación económica del proceso de fluido supercrítico

El propósito de la evaluación económica es analizar si el proceso de extracción supercrítica es rentable. Con la finalidad de analizar dicha viabilidad se tiene que considerar.

Costo de Manufactura (COM), que considera tres importantes costos, primero costos directos (dichos costos dependen de la tasa de producción donde se incluyen costos de materia prima y costos operativos como mano obra servicios públicos entre otros), segundo los costos fijos (se consideran los impuestas, seguros, la depreciación de los equipos, etc. dicho costo es independiente de la tasa de producción) y terceros costos generales (que incluyen la gestión, administración, costos de investigación y desarrollo entre otros). Los tres componentes del costo de manufactura, pueden ser considerados tomando como referencia cinco costos principales que son: Inversión de capital fijo (FCI), costo de operación de mano de obra (COL), costo de servicio público (CUT), costo de tratamiento de residuos (CWT) y costo de materia (CRM) (Attard, Mcelroy, & Hunt, 2015).

El costo de manufactura puede ser estimada por relación propuesta por (Attard, Mcelroy, & Hunt, 2015)

$$COM = 0.280FCI + 2.73COL + 1.23(CRM + CWT + CUT)$$

b) Escalamiento del equipo de extracción con FSC

En el proceso de escalamiento, en la extracción de los componentes activos de las matrices vegetales, del equipo de fluido supercríticos. Según los trabajos de investigación realizadas por Hassima, Markoma & Roslia (2019) se tiene que tomar en cuenta los siguientes criterios:

- Conservar constante la proporción de la masa del solvente y la masa del soluto (S/F).
- La velocidad superficial del solvente (U) tiene que permanecer inalterado.

$$U = \frac{V_f}{A}$$

Donde: V_f es el caudal volumétrico del solvente y A es área de la sección trasversal del reactor de extracción.

- El tiempo de residencia (t_{res}) del solvente en reactor se debe mantenerse constante.

$$t_{res} = \frac{V_b \epsilon \rho}{Q_f}$$

Dónde: V_b es el volumen del reactor, ε es la porosidad, ρ la densidad del solvente y Q_f es el caudal másico del solvente.

Se puede afirmar que los estudios realizados referente a la relación S/F que fue utilizado para el escalamiento de la extracción con fluidos

supercrítico a escala industrial se obtuvo resultados favorables. Además, la evaluación de costo de manufactura calculados arrojo valores exitosos a diferentes volúmenes producción. Esto nos conduce a firmar que es posible invertir en una planta de extracción con fluido supercrítico porque a mayor escala industrial se tendrá más ganancia.

2.3.8. Desarrollo Sostenible

El concepto de desarrollo sostenible es muy distinto del de sostenibilidad en el sentido de que la palabra “desarrollo” apunta claramente a la idea de cambio, de cambio gradual y direccional; el desarrollo no significa necesariamente crecimiento cuantitativo, ya que se asemeja más bien al concepto de despliegue cualitativo de potencialidades de complejidad creciente; lo que se sostiene, o debe hacerse sostenible, es el proceso de mejoramiento de la condición humana, proceso que no necesariamente requiere del crecimiento indefinido del consumo de energía y materiales (Gallopin, 2003)

El desarrollo sostenible de la agroindustria peruana, se define como la capacidad de manejar la continuidad del desarrollo económico derivado del sector sin alterar los equilibrios ecológicos.

a) Química Verde

La química verde cumple con todos los requisitos que exige el punto de vista científico, resulta más segura que los procesos convencionales, es de menor coste y, sobre todo, es compatible con un desarrollo sostenible. Sin embargo, muy poco de la misma ha sido incluida en los planes de estudios. Aún no se disponen de muchos procesos de síntesis desarrollados según los criterios de sostenibilidad establecidos y los que existen pueden resultar demasiado complejos para introducirlos (Gonzáles & Valea, 2009).

Warner (1991) citado por Gonzales y Valea (2009) menciona que los doce principios de la química verde para valorar la sostenibilidad de un proceso han sido desarrollados por (Anastas & Warner, 1991) y son los siguientes:

- Es preferible evitar la producción de un residuo que tratar de limpiarlo una vez que se haya formado.

- Los métodos de síntesis deberán diseñarse de manera que incorporen al máximo, en el producto final, todos los materiales usados durante el proceso.

- Siempre que sea posible, los métodos de síntesis deberán diseñarse para utilizar y generar sustancias que tengan poca o ninguna toxicidad, tanto para el hombre como para el medio ambiente.

- Los productos químicos deberán ser diseñados de manera que mantengan su eficacia a la vez que reduzcan su toxicidad.

- Se evitará, en lo posible, el uso de sustancias auxiliares (disolventes, reactivos de separación, etc.) y en el caso de que se utilicen deberán ser lo más inocuas posible.
- Los requerimientos energéticos serán catalogados por su impacto medioambiental y económico, reduciéndose todo lo posible. Se intentará llevar a cabo los métodos de síntesis a temperatura y presión ambientes.

- La materia prima ha de ser preferiblemente renovable en vez de agotable, siempre que sea técnica y económicamente viable.

- Se evitará en lo posible la formación de derivados (grupos de bloqueo, de protección/desprotección, modificación temporal de procesos físicos/químicos).

- Se emplearán catalizadores (lo más selectivos posible) en vez de reactivos estequiométricos.

- Los productos químicos se diseñarán de tal manera que al finalizar su función no persistan en el medio ambiente, sino que se transformen en productos de degradación inocuos.

- Las metodologías analíticas serán desarrolladas posteriormente para permitir una monitorización y control en tiempo real del proceso, previo a la formación de sustancias peligrosas.

- Se elegirán las sustancias empleadas en los procesos químicos de forma que se minimice el potencial de accidentes químicos, incluidas las emanaciones, explosiones e incendios.

b) Aplicaciones de la Química Verde

Uno de los principios de la química verde propone el uso de solventes benignos, que no sean inflamables, tóxicos y no produzcan emisiones de compuestos orgánicos volátiles derivados de su uso como medio de reacción en la industria química y farmacéutica, con el fin de minimizar la producción de contaminantes y subproductos. Por otra parte, la aplicación de tecnologías catalíticas que reduzcan la producción de residuos líquidos o sólidos, o su purificación, proporciona una fácil separación del producto, eliminando la necesidad de utilizar métodos de separación como la destilación o la extracción (Pajaro, 2011).

La industria utiliza solventes en grandes cantidades. Más del 50% de los materiales usados en procesos farmacéuticos, corresponden a solventes

orgánicos, algunos de los cuales son recuperados y reutilizados. Sin embargo, la mayoría son incinerados como método de disposición final, lo cual causa un gran impacto en términos económicos y ambientales. El uso de reacciones que utilicen menos solventes o prescindan de los mismos, es el más eficiente. En forma análoga, el agua es un solvente que tiene muchas ventajas, incluida su ausencia de inflamabilidad y toxicidad, y es seguro para el ambiente (Pajaro, 2011).

Estudios recientes proponen otros solventes y catalizadores, tales como el dióxido de carbono supercrítico que se utiliza como catalizador y se considera como un buen “disolvente verde” en diferentes tipos de síntesis. Por ejemplo: en las reacciones de promoción de compuestos aromáticos y en las de polimerización del metacrilato de metilo. Entre las ventajas que presenta, se encuentran su alta difusibilidad, baja viscosidad y densidad intermedia, así como su baja toxicidad, inflamabilidad y empleo de baja temperatura (Pajaro, 2011).

Los líquidos iónicos también son buenos catalizadores y disolventes que pueden reemplazar el diclorometano, porque no son volátiles, ni inflamables, eliminan los peligros asociados con solventes orgánicos volátiles, reducen el uso de energía y minimizan las emisiones ((Pajaro, 2011).

2.3.8. Desarrollo Sostenible

La generación productos químicos y sus procesos están relacionados directamente con la humanidad porque muchos de estos productos directa o indirectamente ocasionan interacciones hostiles al medio ambiente, el proceso de la industria está directamente ligada a la declaración de Rio 1992 sobre el medio ambiente “los seres humanos constituyen el centro de las preocupaciones relacionadas con el desarrollo

sustentable. Los seres humanos tienen derecho a una vida saludable y productiva en armonía con la naturaleza" (Serrano, 2009).

Para la sostenibilidad de la química verde se tiene que aplicar los 12 principios de propuesto por Anastas y Warner (1991) en el año 1988, estos compendios se han tomado en cuenta con la finalidad de disminuir los peligros en la salud, reducir la generación de residuos en el proceso y prevenir la contaminación ambiental (Serrano, 2009).
Serrano, (2009) en su trabajo sostiene que, para obtener la sostenibilidad, los procesos de manufactura tienen que reducir o prescindir de la utilización o generación de sustancias nocivas con el medio ambiente y la salud del ser humano. Si los procesos no cumplen con estas restricciones, se tiene que redefinir los productos y las tecnologías utilizadas.

Un medio para evaluar la sostenibilidad de la química verde, es el uso de métricas para evaluar las reacciones individuales tomando en cuenta los parámetros operacionales y de seguridad. Para esto se utilizará diferentes factores como:

- Economía atómica, que es la relación de la masa molar del producto de una reacción o procesos con respecto a la suma de las masas moleculares de los reactivos utilizados. El valor deseable para este parámetro es 100. (Garcia, Avila, Birrichaga, & Cano , 2015).

$$Economia\ atomica = \frac{masa\ molar\ del\ producto}{suma\ de\ las\ masas\ de\ los\ reactivos} x100$$

- Economía atómica experimental, se basa en la cantidad de reactivo que se utilizada para la síntesis experimental. Para este caso también es recomendable que este cercano a 100 (Garcia, Avila, Birrichaga, & Cano , 2015).

$$Economia\ atomica\ exp. = \frac{Rendimiento\ teorico}{masa\ total\ de\ reactivos}\ x100$$

- Eficacia de masa, considera el rendimiento de la reacción química, el valor anhelado para esta cuantificación es el valor de uno (Curzons, et al., 2001).

$$Eficiencia\ de\ masa = \frac{masa\ total\ del\ producto}{masa\ total\ de\ los\ reactios}$$

- Intensidad de masa, se considera la masa del disolvente utilizado (Curzons, et al., 2001).

$$Intensidad\ de\ masa = \frac{masa\ de\ reactivos\ y\ solventes}{masa\ total\ del\ producto}$$

- Factor ambiental (factor E), es factor relaciona los desechos generados en el proceso, el valor esperado para esta medida es 0 (Sheldon R. , 2007).

$$Factor\ E = \frac{masa\ de\ los\ desechos\ generados}{masa\ del\ producto}$$

Según los investigadores Serrano (2009), Sheldon (2007) y Curzons (2001). Para la sustentabilidad de la humanidad dependerá, que se cumplan, los parámetros métricos en los valores establecidos, en la generación de fuentes de energía, alimentos y diversos productos químicos. De esta manera se garantizará el bienestar del planeta a largo plazo.

2.4. Glosario

Compuesto Bioactivo: sustancia química que se encuentra en pequeñas cantidades en las plantas y ciertos alimentos (Jardón Sánchez, 2020).

Fluido supercrítico (FSC): es cualquier sustancia que se encuentre en condiciones de presión y temperatura superiores a su punto crítico (GreenFacts, 2020).

Soxhlet: es un equipo de material de generalmente de vidrio utilizado para extraer los componentes solidos utilizando un solvente orgánico (Figmay, 2021) .

Biomasa: es todo material orgánico procedente de plantas y animales (Aque fundacion , 2020) .

Raspón: es la parte leñosa del racimo y es la estructura que permite que bayas se unan a él (Pascual García, 2017) .

Pericarpio: es la parte del fruto que recubre la semilla (Urbina Vallejo, 2010).

Epistemología: es una rama de la filosofía que se encargara de estudiar de cómo se genera y se valida el conocimiento de los fundamentos y métodos científicos de tipo histórico, social y psicológico (Pérez Porto & Merino, definicion. de , 2021).

Positivismo: es una organización de perfil científico que su conocimiento se basa en el método científico e impugna las creencias universales (Pérez Porto & Merino, definicion.de, 2012).

Posmodernismo: no acepta que la realidad es natural por eso sustenta que le pensamiento del humano se basa en la sensibilidad más que en la razón (Máxima Uriarte, 2020).

CAPÍTULO III: METODOLOGÍA

3.1. Hipótesis general

El uso de tecnología limpia de FSC en los procesos de extracción de los compuestos bioactivos presentes en los residuos del procesamiento de la uva y lúcuma impactara de forma técnica, económica y ambiental en el escalamiento industrial.

3.2. Hipótesis específicas

- Los compuestos bioactivos de los residuos agroindustriales obtenidos utilizando tecnologías limpias permitirá mayor rendimiento y calidad en comparación con procesos convencionales.
- El uso de tecnología limpia en el proceso de extracción de componentes bioactivos presentes en los residuos agroindustriales será económicamente viable a escala industrial.

- El uso de tecnologías limpias en el proceso de extracción de compuestos bioactivos a partir de residuos agroindustriales reducirá el impacto ambiental, promoviendo practicas sostenibles a escala industrial.

3.3. Identificación de variables

A continuación, en la tabla 3.1. presenta la identificación de variables, referentes a la hipótesis y las variables independientes y dependientes con sus indicadores que corresponden.

Tabla 3. 1:Identificación de variables

HIPÓTESIS	VARIABLES	INDICADORES
Los compuestos bioactivos de los residuos agroindustriales obtenidos utilizando tecnologías limpias permitirá mayor rendimiento y calidad en comparación con procesos convencionales.	compuestos bioactivos de los residuos agroindustriales (VI) Rendimiento y calidad en comparación con procesos convencionales. (VD)	Porcentaje de componentes activos del Aceite Porcentaje de peso de aceite obtenido en cada una de las tecnologías
El uso de tecnología limpia en el proceso de extracción de componentes bioactivos presentes en los residuos agroindustriales será económicamente viable a escala industrial.	Tecnologías limpias (VI) Factibilidad económica (VD)	Tecnologías limpias en el proceso de extracción de componentes bioactivos presente en los residuos agroindustriales VAN y TIR
El uso de tecnologías limpias en el proceso de extracción de componentes bioactivos presente en los residuos agroindustriales será amigable con el impacto ambiental a escala industrial.	Tecnologías limpias (VI) Impacto ambiental (VD)	Tecnologías limpias en el proceso de extracción de componentes bioactivos presente en los residuos agroindustriales Sostenibilidad del proceso por economía atómica

Fuente: elaboración propia

3.4. Operacionalización

En la tabla 3.2, se muestra las definiciones conceptuales de las variables que serán consideradas en la investigación. Además, que consideran la definición operacional que constituye el conjunto de procedimientos que describe el resultado obtenido del experimento.

Tabla 3. 2:Definición de operacional

Variables	**Definición conceptual**	**Definición operacional**
Compuestos bioactivos de los residuos agroindustriales (VI)	Son compuestos fenólicos que tienen actividad antioxidante que se encuentran en los tejidos de las frutas (Rossetto, Maciel, Bortolini, Ribeiro , & Isidoro, 2020).	En el aceite extraído de la semilla de uva y lúcuma se analizará el perfil de ácidos grasos y los compuestos fenólicos.
Rendimiento y calidad en comparación con procesos convencionales. (VD)	Rendimiento se define como la relación en gramos de aceite obtenido con respecto a la cantidad en gramos de material utilizado. Calidad del aceite tiene por objeto garantizar que la esencia posea ciertas características analíticas, como composición química, contenido de la sustancia de interés, propiedades fisicoquímicas y organolépticas (Ovares , 2016).	Se analizará los componentes de procesos de extracción procedentes de tecnologías limpias y se comparará con los métodos tradicionales empleados.
Tecnologías limpias (VI)	Son técnicas de extracción que tienen mayor aplicabilidad, son más selectivas en la recuperación de productos y pueden contribuir al desarrollo de una industria más sostenible (Belwal, et al., 2020)	Se extraerá el aceite de la materia prima, con el proceso de FSC, destilación por arrastre de vapor y solventes orgánicos a diferentes condiciones de termodinámicas .
Factibilidad económica (VD)	Un estudio de factibilidad económica es lo que hace una empresa para determinar la posibilidad de poder implementar un proyecto (Quiroa, 2020) .	La evaluación económica se realizada indicando VAN y el TIR del proceso.
Impacto ambiental (VD)	Impacto ambiental es la modificación del ambiente ocasionada por la acción del hombre o de la naturaleza (GRN, 2020).	Se evaluará la Sostenibilidad del proceso por economía atómica. Indicando el factor E, eficacia atómica (EMY) y el rendimiento Efectivo (MI)

Fuente: Elaboración propia

3.5. Matriz de consistencia

En la tabla 3.3, se puede observar la matriz que muestra una visión generalizada del trabajo de investigación que va realizar, además se muestra todas las acciones que se ejecutaran para hacer realidad el trabajo.

Tabla 3. 3:Matriz de consistencia

PROBLEMAS	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLE INDEPENDIENTE (VI)	VARIABLE DEPENDIENTE (VD)	INDICADOR VI	INDICADOR VD
¿Cómo Impacta el uso de la tecnología limpia de FSC en los procesos de extracción de los compuestos bioactivos presentes en los residuos del procesamiento de la uva y lúcuma en la evaluación técnica, económica y ambiental para su escalamiento industrial?	Determinar cómo Impacta la evaluación técnica, económica y ambiental en el escalamiento industrial de la tecnología limpia de FSC en los procesos de extracción de los compuestos bioactivos presentes en los residuos del procesamiento de la uva y lúcuma.	Mediante el uso de tecnología limpia de FSC en los procesos de extracción de los compuestos bioactivos presentes en los residuos del procesamiento de la uva y lúcuma impactara técnica, económicamente y ambientalmente en el escalamiento industrial.				
¿Cómo impacta el uso de compuestos bioactivos de los	Evaluar el impacto en el rendimiento en la extracción y la calidad de los	Los compuestos bioactivos de los residuos agroindustriales	compuestos bioactivos de los	rendimiento y calidad en	Porcentaje de componentes	Porcentaje de peso de aceite

residuos agroindustriales obtenidos utilizando tecnologías limpias en el rendimiento de extracción y la calidad de los compuestos bioactivos de los residuos agroindustriales en comparación con los procesos convencionales?	compuestos bioactivos de los residuos agroindustriales usando compuestos bioactivos de los residuos agroindustriales obtenidos a partir de tecnologías limpias en comparación con procesos convencionales.	obtenidos utilizando tecnologías limpias permitirá mayor rendimiento y calidad en comparación con procesos convencionales.	residuos agroindustriales obtenidos a partir de tecnologías limpias	comparación con procesos convencionales.	activos del Aceite	obtenido en cada una de las tecnologías
¿El desarrollo de procesos de extracción de componentes bioactivos presente en los residuos agroindustriales con tecnología limpia es viable económicamente para su escalamiento industrial?	Evaluar la viabilidad económica del escalamiento industrial de los procesos de extracción de componentes bioactivos presente en los residuos agroindustriales usando tecnología limpia.	El uso de tecnología limpia en el proceso de extracción de componentes bioactivos presentes en los residuos agroindustriales será económicamente viable a escala industrial.	Tecnología limpia	Factibilidad económica	Tecnología limpia	VAN y TIR

¿Cómo impacta en el medio ambiente el uso de tecnologías limpias en el proceso de extracción de componentes bioactivos presente en los residuos agroindustriales en el escalamiento industrial?	Analizar el impacto ambiental en el escalamiento industrial del proceso de extracción de componentes bioactivos presente en los residuos agroindustriales usando tecnología limpia.	El uso de tecnologías limpias en el proceso de extracción de componentes bioactivos presente en los residuos agroindustriales será amigable con el impacto ambiental a escala industrial.	Tecnologías limpias en el proceso de extracción de componentes bioactivos presente en los residuos agroindustriales	Impacto ambiental	Tecnologías limpias en el proceso de extracción de componentes bioactivos presente en los residuos agroindustriales	Sostenibilidad del proceso por economía atómica

Fuente: elaboración propia

3.6. Tipo y diseño de investigación

La investigación que se desarrollará se puede tipificar de la siguiente forma:

Aplicada/Experimental: debido que su finalidad es el estudio y uso de la tecnología de extracción con fluido supercrítico de los compuestos bioactivos presentes en los residuos industriales de la uva y lúcuma, mediante los efectos de los parámetros de operación y la realización de ensayos experimentales a nivel laboratorio.

Cuantitativo: debido a que se usará la estadística al medir magnitudes de las variables de operación durante la recolección de datos de los ensayos, así como al realizar la viabilidad del escalamiento del proceso a nivel industrial, en los niveles técnico, económico y su impacto ambiental.

La disposición del diseño de la investigación se muestra en la figura 3.1, abarcando tanto para para el caso de la semilla de la uva como el de la lúcuma. Esto se dispone desde el acondicionamiento de la materia prima recolectada hasta la evaluación económico y ambiental del escalado industrial del proceso de extracción FSC.

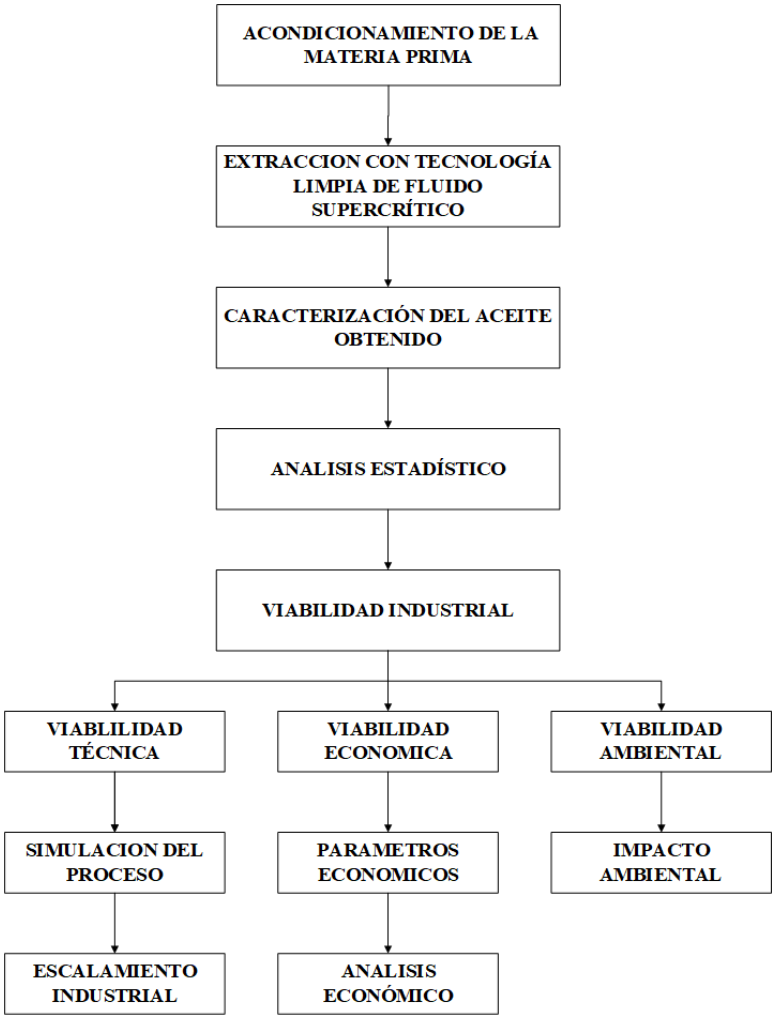


Figura 3. 1:Diagrama estructural de las operaciones en la investigación

Fuente: Elaboración propia

3.7. Unidad de análisis

La unidad de estudio comprende los residuos agroindustriales generados en la producción de alimentos, específicamente en la valorización de estos desechos provenientes de la industria vitivinícola y por el Fundo Parodi, ubicado en el kilómetro 55 de la Panamericana Sur, en el distrito de Chilca, provincia de Cañete, departamento de Lima. En cuanto a los residuos de lúcuma, la ubicación

exacta corresponde a la zona UTM 18S, con las coordenadas al este 277,000 metro al norte 8,400,000, tal como se visualiza en la figura 3.2.



Figura 3. 2:Vista general de los cultivos de lúcuma de la Hacienda Parodi

Fuente: Elaboración propia

3.8. Población de estudio

Se analizaron los desechos agroindustriales generados en la producción de alimentos, específicamente 1 tonelada de orujo y 0,540 toneladas de pepa de lúcuma, y su valorización de estos desechos en la industria vitivinícola y de lúcuma. Las principales zonas de producción vitivinícola se ubican en el sur del Perú, en regiones como el sur de la provincia de Lima, Ica, Moquegua. En cuanto a la producción de lúcuma se han detectado áreas de producción en las regiones de Lima Provincias, Ica, La Libertad y Arequipa.

3.9. Tamaño de muestra

El muestreo se llevó a cabo utilizando los residuos agroindustriales obtenidos; se emplearon 0,5 toneladas métricas de semilla de uva de la industria vitivinícola y 0,486 toneladas métricas de huesos de lúcuma provenientes del procesamiento de la fruta, con el fin de extraer los componentes activos.

3.10. Selección de la muestra

3.10.1. Residuo de la uva

Con el propósito de separar la semilla de la uva de la cáscara, el orujo previamente será secado. La semilla resultante será triturada y sometida a un proceso de deshidratación.

3.10.2. Residuo de la lúcuma

Las semillas de lúcuma se molerán y deshidratarán a una temperatura entre 40 y 60 °C hasta una humedad inferior al 10%.

3.11. Técnicas de recolección de datos

Se muestra en la tabla 3.4 las técnicas utilizadas para recopilar los datos.

Tabla 3. 4:Técnicas de recolección de datos

Técnica	Método o Medio	Instrumentos	Método de presentación
Observación experimental	Ensayos experimentales de extracción FSC (realizado en el equipo FST 150 – FTE System) y caracterización de aceite obtenido (efectuado por cromatografía de gases acoplado a espectrometría de masas).	Ficha de Registro de Datos	Tablas, Informes de Laboratorio.
Análisis documental	Revisión documental de libros y artículos referidos tanto a la extracción FSC de aceites como de la viabilidad técnico-económica y el impacto ambiental del escalado industrial de un proceso de extracción FSC.	Cuaderno de notas, Apuntes	Textos, gráficos y tablas.

Fuente: Elaboración propia

3.12. Análisis e interpretación de la información

3.12.1. Análisis de la extracción FSC

Se realizará un análisis de “Superficie de Respuesta” utilizando los resultados experimentales con el fin de evaluar la influencia de los parámetros de operación en la extracción con fluido supercrítico (FSC) de residuos de uva y de lúcuma. El objetivo es identificar el rendimiento óptimo, y para llevar a cabo este análisis, se empleará el software Minitab o StatGraphics.

3.12.2. Análisis técnico-Económico y Ambiental

Se empleará el software SuperPro Designer para simular el proceso de extracción mediante fluido supercrítico (FSC) y llevar a cabo el escalamiento a nivel industrial, así como efectuar cálculos de costos unitarios y del proceso. La evaluación económica se realizará a partir de los datos obtenidos en la simulación, donde se calcularán y compararán los valores de Valor Actual Neto (VAN) y la Tasa Interna de Retorno (TIR) conforme a las condiciones de viabilidad.

En relación con el análisis del impacto ambiental se ha aplicado el concepto de Economía Atómica. Este enfoque posibilitará la evaluación de factores como la Eficiencia Atómica, el denominado “Factor E”, el Rendimiento de Masa Efectivo y la Productividad de Masa.

3.13. Procedimiento experimental

Dado que se han seleccionado dos los tipos de residuos para el proceso de extracción con fluido supercrítico, se ha diseñado dos diagramas de proceso, las cuales se muestran en las figuras 3.3 y 3.4. En ambos casos, se lleva a cabo un pretratamiento a los residuos recolectados para separar las semillas de la uva como de la lúcuma. Estas semillas son sometidas a un proceso de secado y trituración hasta alcanzar un tamaño adecuado antes ser introducidas en el extractor de FSC, donde se extraerán los aceites contenidos en cada semilla. Posteriormente, se analizarán estos aceites mediante un cromatógrafo de gases para determinar su perfil de ácidos grasos para su caracterización.

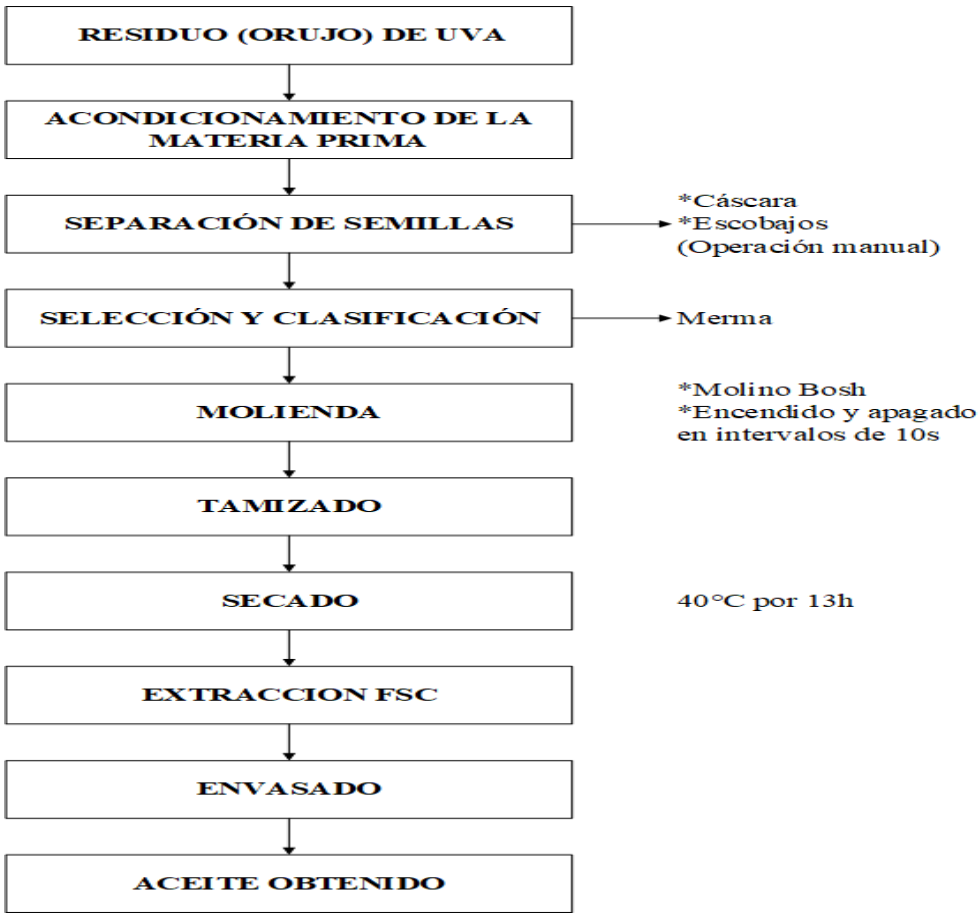


Figura 3. 3: Diagrama de operaciones para la extracción FSC a partir del residuo de la semilla de uva
Fuente: Elaboración propia

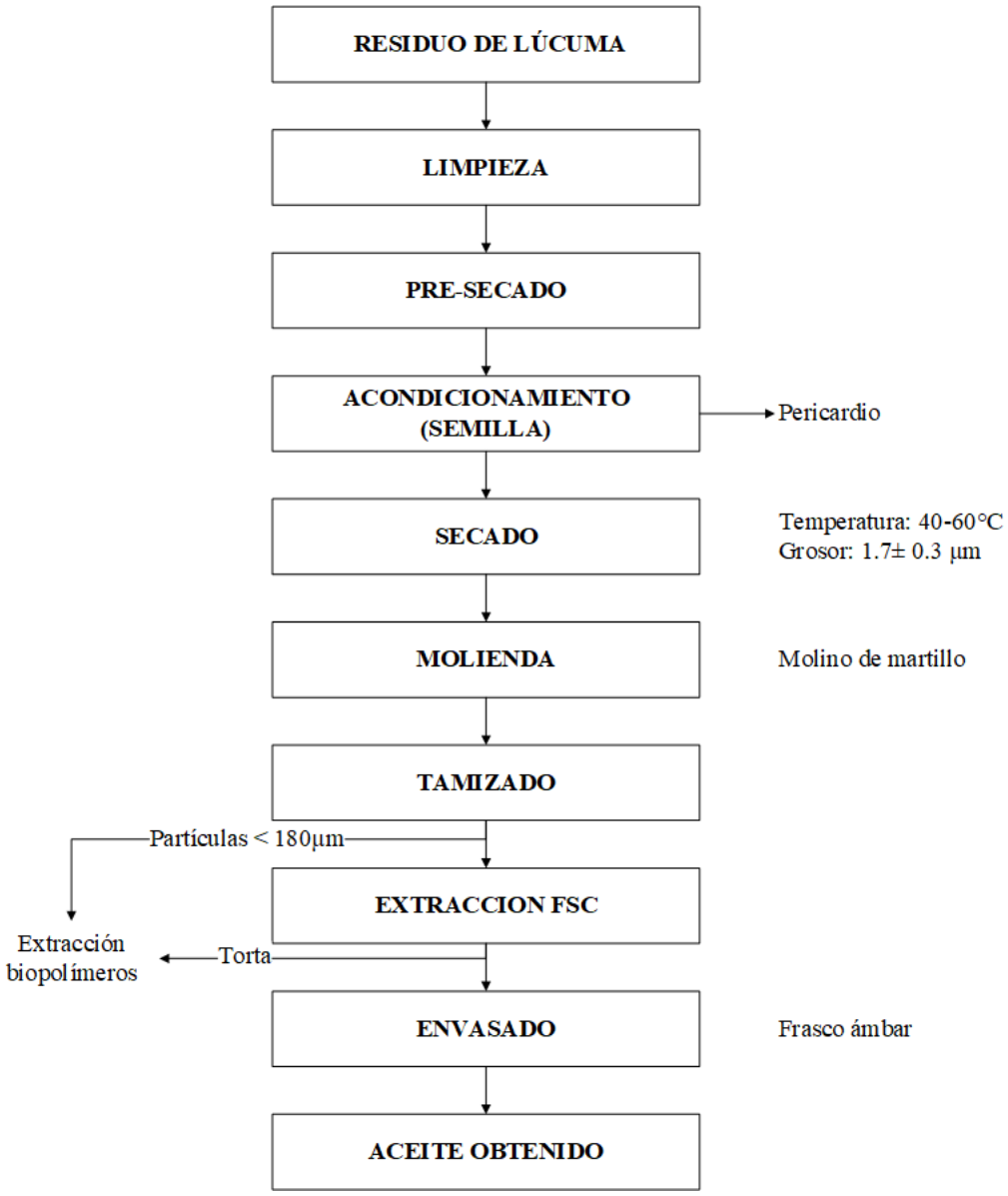


Figura 3. 4: Diagrama de operaciones para la extracción FSC a partir del residuo de la semilla de lúcuma

Fuente: Elaboración propia

3.13.1. Materia prima e insumos

- Orujo de uva
- Semilla de lúcuma
- CO_2 industrial 99.9%

3.13.2 Equipos y accesorios

- Equipo supercrítico SFT-150
- Balanza de humedad
- Balanza analítica
- Refrigerador
- Saco de nylon para muestra
- Viales de vidrio ámbar
- Papel parafilm

3.13.3. Obtención del aceite de semilla de uva

3.13.3.1 Acondicionamiento de la materia prima

Las muestras de orujo de uva recolectadas serán clasificadas en dos grupos según su composición: un tipo de orujo homogéneo, caracterizado por la presencia exclusiva de cáscara y semilla sin la presencia de otros residuos; y otro tipo de orujo aglomerado, que incluye cáscara y semilla con restos de escobajos.

Recolección: se obtendrá el orujo de uva de los restos generados durante el procesamiento de vino en la empresa Queirolo SAC, para su transporte al laboratorio.

Acondicionamiento del orujo: En el laboratorio se procede a acondicionar el orujo reduciendo su humedad. Se realizará un estudio comparativo que incluye un tratamiento sin prensado y otro un prensado inicial con el objetivo de examinar la cinética de secado y evaluar el efecto del prensado. Por lo tanto, fue necesario transportar el orujo en bolsas de nylon desde Ica hasta Lima, codificarlo y someterlo a proceso ultra congelación a -90°C hasta el momento de analizar.

Para realizar el análisis se descongela a temperatura ambiente, según sea el caso se pasa por el prensado inicial, seguido de un proceso de secado en un secador de bandejas (convección) a 40°C tomando muestras en intervalos de una hora en un tiempo total de 16 horas.

Separación de semillas: Utilizando el orujo con niveles reducidos de humedad y mediante un proceso manual, se llevará a cabo la separación de las semillas de las cáscaras y otras impurezas como los escobajos.

Selección: Se escogerán las semillas y se eliminarán las impurezas que puedan haber quedado en la superficie de las mismas.

Molienda y tamizado: Las semillas serán sometidas a un proceso de molienda en un molino BOSH con ciclos de encendido y apagado de 10 segundos cada uno. Se seleccionará las partículas con tamaño mayores a 180 µm teniendo un tamaño medio alrededor de 522µm.

Secado: La semilla molida debe tener una humedad inferior al 10%, para ser utilizado en proceso de extracción con FSC. Por esta razón, se procede a su secado, y para evitar la degradación de los componentes activos, la temperatura no debe superar los 40°C. Este procedimiento de secado tiene una duración de 13 horas.

3.13.3.2 Extracción del aceite con CO2 supercrítico

Para los ensayos experimentales utilizaran una muestra de 40 gramos de semilla de uva para la extracción FSC, utilizando el equipo SFT-150. Se empleará un flujo de CO_2. de 5 ft^3/h y un tiempo de extracción de 3 horas con toma de muestras en intervalos de 30 minutos. Las condiciones específicas de presión y temperatura de cada ensayo están presentadas en la tabla 3.5, con estos valores se determinarán valores óptimos de la extracción.

Tabla 3.5:Condiciones específicas de presión y temperatura de extracción para el aceite de semilla de uva

Experimento	Presión (atm)	Temperatura (°C)
1	150	60
2	300	40
3	450	50
4	450	40
5	300	40
6	450	60
7	150	40
8	300	60
9	300	50
10	150	40
11	450	60
12	150	50
13	300	60
14	150	50
15	450	40
16	450	50
17	150	60
18	300	50

Fuente: Elaboración propia

3.13.4 Obtención del aceite de semilla de lúcuma

3.13.4.1 Acondicionamiento de la materia prima

Las semillas recolectadas serán sometidas a diversas operaciones unitarias para prepararlas con el objetivo de ser utilizadas en el proceso de extracción del aceite nutracéutico mediante la aplicación de la tecnología de fluidos supercríticos.

Recolección: Se recogerán los residuos de la lúcuma en el Fundo Parodi, consistiendo estos en las semillas de la fruta después de retirar la pulpa. Dichas semillas serán preparadas y colocadas en sacos de polietileno para su traslado al laboratorio.

Limpieza: La semilla es de forma circular semiesférica con dimensiones que oscila entre 2.5-3 cm de longitud o diámetro. Desde el punto estructural, se compone de un pericarpio caracterizada por ser una cubierta dura que resguarda al endospermo de la semilla. Este endospermo, a su vez, sirve como fuente de hidratos de carbono (biopolímero), aceites y fibra. Para el iniciar el proceso de acondicionamiento, las semillas serán pesadas antes y después de ser lavadas con agua potable y desinfectadas con hipoclorito a 200 ppm, como se aprecia en la figura 3.5.

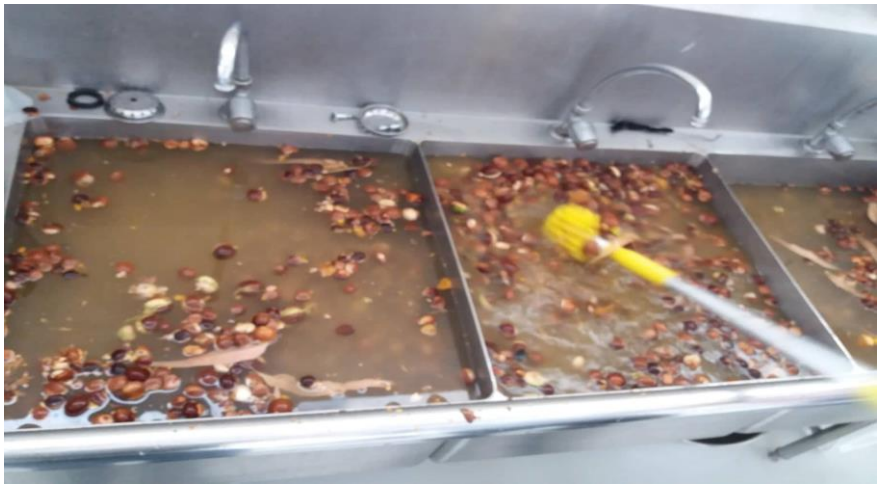


Figura 3. 5:Limpieza de las semillas de lúcuma acopiadas

Fuente: Elaboración propia

Pre-secado: Con el fin de preservar eficientemente las semillas y simplificar la extracción del pericarpio, se procederá a drenar y deshidratar parcialmente las semillas desinfectadas mediante un secador de bandeja de lecho fijo, tal y como se ilustra en la figura 3.6.



Figura 3. 6:Desecación de las semillas de lúcuma mediante el uso de un secador de lecho fijo.

Fuente: Elaboración propia

Acondicionamiento: Para retirar la capa externa o pericarpio de la semilla, se empleará una fuerza mecánica que propicie la fragmentación de dicha capa, posibilitando así su eliminación manual del endospermo. Posteriormente, el endospermo se someterá a laminación mediante una mandolina de acero inoxidable ajustable, logrando láminas con un grosor de 1.7 ± 0.3 mm. Este procedimiento tiene como objetivo estandarizar las características de las muestras que se pretenden estabilizar mediante secado convectivo. Las muestras laminadas se envasarán al vacío en bolsas trilamidas y almacenadas a 5°C, hasta su procesamiento. En la figura 3.7 ilustra el acondicionamiento de la semilla de lúcuma, incluyendo el hueso y la capa externa.



Figura 3. 7:Acondicionamiento de las semillas de lúcuma

Fuente: Elaboración propia

Secado: Las semillas laminadas se colocarán en bandejas de 30x30 cm para ser sometidas a un proceso de deshidratación controlada en un secador de bandeja de tipo lecho fijo. Durante este procedimiento, la temperatura de aire de secado se situará entre los 40 y 60 °C, y se mantendrá la velocidad de aire de secado a 3 ± 0.5 m/s, tal y como se muestra en la figura 3.8.



Figura 3. 8:Secado por convección de las láminas de semillas de lúcuma

Fuente: Elaboración propia

Molienda y tamizado: las semillas deshidratadas se triturarán con un molino de martillos para reducir su tamaño, y mediante un proceso de tamizado, se seleccionarán las muestras óptimas con una granulometría superior a 180µm.

3.13.4.2 Extracción de aceite con CO2 supercrítico

Para los ensayos experimentales, se emplearán de 40 gramos de semilla de lúcuma para llevar a cabo la extracción con fluido supercrítico utilizando el equipo supercrítico SFT-150. Este procedimiento se realizará con un flujo constante de CO_2 constante a 8 ft^3/h durante un tiempo total de extracción de 2 horas. Se tomarán muestras en intervalos de tiempo de 5, 10, 30, 60 y 120 minutos. Las condiciones específicas de presión y temperatura de cada ensayo se detallan en

la tabla 3.6, con el propósito de determinar los valores óptimos de los parámetros de operación para lograr un máximo rendimiento.

Tabla 3. 6:Condiciones específicas de presión y temperatura para llevar cabo la extracción del aceite de semilla de lúcuma

Experimento	Presión (atm)	Temperatura (°C)
PL-1	300	35
PL2	300	55
PL-3	150	35
PL-4	150	55
PL-5	312	45
PL-6	211.5	45
PL-7	225	77.55
PL-8	225	49.35
PL-9	225	45
PL-10	225	45

Fuente: Elaboración propia

3.13.5. Caracterización del producto

Durante la fase de caracterización de los aceites obtenidos de la semilla de uva y de lúcuma, se identificarán los perfiles de ácidos grasos presentes mediante el análisis realizado en un Cromatógrafo de Gases acoplada a un Espectrómetro de Masas. En este análisis, se emplearán patrones de referencia para cada ácido graso, permitiendo su comparación y la determinación porcentual de su presencia después del proceso de extracción con fluido supercrítico.

3.13.6. Análisis estadístico

3.13.6.1. Aceite de semilla de uva

Todos los experimentos se realizaron por triplicado. Los parámetros de operativos considerados para el análisis de la extracción FSC son la presión y la temperatura. Se implementó el método de modelo factorial 3^2 por duplicado, utilizando el rendimiento del aceite obtenido como respuesta clave. En este estudio, la notación de las variables codificadas en el modelo 3^2 será de -1para el valor más bajo, 0 para el valor medio y 1 para el valor más alto. Los detalles de las variables codificadas y el diseño completo del experimento se presentan en las tablas 3.7 y 3.8.

Tabla 3. 7: Variables codificadas según modelo factorial

Parámetros	Variables codificadas y variables originales		
	-1	0	1
Temperatura (T, °C)	40	50	60
Presión (P, bar)	150	300	450

Fuente: Elaboración propia

Tabla 3. 8:Diseño factorial para el análisis de la extracción de la semilla de uva

Experimento	Variables codificadas	
	X1	X2
1	-1	-1
2	-1	0
3	-1	1
4	0	-1
5	0	0
6	0	1
7	1	-1
8	1	0
9	1	1
10	-1	-1
11	-1	0
12	-1	1
13	0	-1
14	0	0
15	0	1
16	1	-1
17	1	0
18	1	1

Fuente: Elaboración propia

La evaluación de la optimización del rendimiento de extracción será evaluada utilizando la metodología de “Superficie de Respuesta” en el software Minitab o StatGraphics.

3.8.6.2. Aceite de semilla de lúcuma

La evaluación del rendimiento óptimo en la extracción de aceite de las semillas de lúcuma mediante el fluido supercrítico se utilizó la metodología de la

“Superficie de Respuesta” a través de los programas Minitab y StatGraphics para análisis preciso.

3.13.7. Evaluación técnico-económica

Para determinar la viabilidad económica del proceso de extracción con fluido supercrítico, es esencial realizar la transición del proceso desde la escala de laboratorio hasta la escala a nivel industrial. Esto incluye criterios para el escalado, seleccionar equipos y simular el proceso. La evaluación económica se basa en los datos obtenidos durante la simulación.

3.13.7.1. Escalamiento del proceso

Según los estudios realizados por (Prado J. M., y otros, 2012) el criterio de escalado en la extracción con fluido supercrítico es mantener constante la relación entre la masa de solvente m_{sol} y la masa de alimentación m_{alim} al procesar semillas de uvas como materia prima, como se detalla en la ecuación 3.1. Este mismo enfoque se empleará al trabajar con la semilla de lúcuma.

$$\frac{m_{sol}}{m_{alim}} = r \qquad (3.1)$$

A continuación, se elabora un diagrama de escalamiento del proceso de extracción con fluido supercrítico, tomado en cuenta los aceites obtenidos de la semilla de uva como los de la lúcuma. Se partirá de los diagramas individuales a nivel laboratorio como se muestra en la figura 3.9. en este proceso, se

emplearán los equipos disponibles en el software de simulación, culminando con la elaboración de un esquema diagramático que refleje la configuración del proceso a nivel industrial.

Dado que se están utilizando dos materias primas, es esencial considerar las capacidades de procesamiento específicas para cada una. Esto resulta crucial durante la simulación, donde se calcularon costos totales y los parámetros económicos que determinarán la viabilidad del proyecto. Por tanto, se debe ser cautelosos al seleccionar las capacidades de producción de acuerdo con las consideraciones delineadas en el diagrama del proceso a nivel industrial.

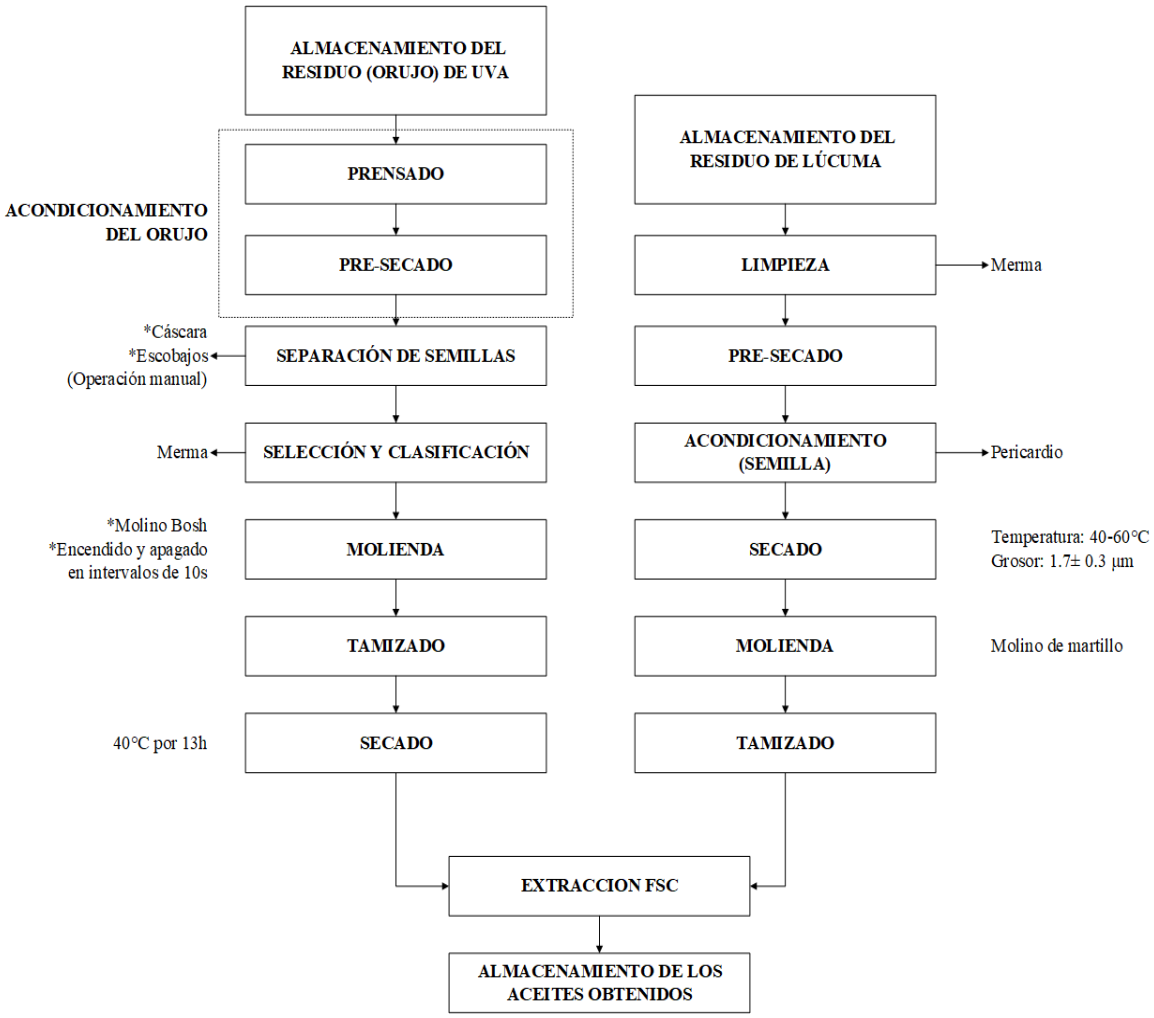


Figura 3. 9:Diagrama de escalamiento del proceso de extracción SFC

Fuente: Elaboración propia

Una vez que se han establecido las capacidades específicas para cada una de las materias primas, se procederá a determinar los valores de las dimensiones de los equipos y la composición de las corrientes de entrada (alimentación de materia prima y reactivos). Este paso es crucial para poder simular cualquier variante del proceso de extracción con fluido supercrítico.

3.13.7.2. Simulación de proceso de extracción SFC

Al emplear el software SuperPro Designer, de la empresa Intelligen Inc., es esencial tener en consideración las condiciones y la información necesaria para llevar a cabo la simulación de manera adecuad (Intelligen, Inc., 2011) :

Definición del tipo de operación: puede ser de forma continua o por lotes (batch).

Registro de componentes: se determinan los componentes en la simulación, ya sean sustancias puras disponibles en la base de datos del software o mezclas cuyas propiedades se deban ingresar manualmente.

Ingreso de equipos y corrientes: se incorporan y configuran los equipos seleccionados del software para su uso en la simulación, conectándolos mediante corrientes. En esta fase, se establecen aspectos como tiempo de operación de los equipos, su dimensionamiento, así como del tiempo del personal a cargo y el mantenimiento. En cuanto a las corrientes, se determinan las corrientes iniciales con la composición porcentual de los componentes presentes en cada una ellas.

Ejecución de la simulación: con la configuración completa de los equipos y corrientes se procede a ejecutar la simulación. Si todos los parámetros están correctamente establecidos, la simulación proporcionara los balances de masa, energía y los costos relacionados con los equipos del escalamiento. En caso de detectar algún un error, el software emitirá una advertencia para revisar en que equipo se produjo el error y corregir el error.

Resultados: SuperPro Designer proporciona informes detallados que abarcan los siguientes aspectos:

- Programación de operaciones y equipos mediante un diagrama de Gantt.
- Utilización de equipos representada en un diagrama especifico.
- Demanda de productos ilustrada en un diagrama correspondiente.
- Inventario de recursos expresado en diagrama especifico.

3.13.7.3. Parámetros de evaluación económica

Los costos que se presentaran en este estudio se derivan de cotizaciones proporcionados por proveedores, lo que nos brinda información precisa sobre los costos y parámetros de trabajo específicos para cada equipo. De acuerdo (Sinnott & Towler, 2012) y Smith la extrapolación de costos de un equipo para una capacidad requerida, basándonos en el costo con una capacidad conocida, se puede realizar mediante la ecuación 3.2. En esta ecuación, C1 corresponde al costo a una capacidad S1, mientras que C2 denota el costo a una capacidad S2. La variable “n” es una constante cuyo valor puede variar según el tipo de proceso al que pertenece el equipo, y estos valores se pueden encontrarse en tablas disponibles la literatura.

$$C_2 = C_1 \left(\frac{S_2}{S_1}\right)^n \qquad (3.2)$$

Los costos asociados con los equipos se introducen en la simulación llevada a cabo en SuperPro Designer, y la información necesaria se detalla a continuación:

Material: incluye los gastos relacionados con las materias primas, así como los costos asociados con el tratamiento y/o de eliminación de residuos.
Operación: engloba los costos vinculados a la mano de obra y de servicios de asociados con cada operación, como los agentes de transferencia de calor y energía.

Equipos: abarca los costos asociados con la adquisición, instalación y mantenimiento de los equipos.

Proceso: incorpora los tiempos involucrados en la operación de los equipos en el proceso, el financiamiento a nivel de producción y los detalles sobre los costos operativos adicionales asociados al proyecto.

Para determinar el costo de producción, se utilizará la información derivada de la simulación a realizarse en SuperPro Designer. Los reportes generados por la incluyen lo siguiente:

Reporte de Evaluación Económica (EER): nos muestra los resultados clave del análisis económico realizado, donde se incluye el costo operativo anual, y los cálculos del análisis de rentabilidad.

Informe de análisis de flujo de efectivo (CFR): proporciona un examen de la inversión de capital, préstamos y el flujo de efectivo para cada año a lo largo de la duración del proyecto.

Informe de costos detallados (ICR): contiene desgloses detallados de los costos operativos anuales incluyendo todos los elementos de costo que se calculan a nivel de sección de proyecto.

i. Valor actual neto (VAN)

La tasa de interés para el cálculo del Valor Actual Neto (VAN) se introduce en el simulador SuperPro, Por omisión, el software incluye valores de tasa de interés bajos, medios y altos, establecidos en 7%, 9% y 11% respectivamente.

ii. Tasa interna de retorno (TIR)

El valor de la Tasa interna de retorno se muestra en el Informe de Análisis de Flujo de Efectivo (CFR).

3.13.8. Evaluación del Impacto Ambiental

El análisis de impacto ambiental se fundamenta en la teoría de la Economía Atómica, empleando el análisis del balance de masa y de la estequiometria del

proceso de extracción con fluido supercrítico. En este contexto se establecen medidas o factores útiles. Según (Sheldon R. A., 2007), los intervalos que pueden abarcar estas variables y los criterios a tomar en cuenta se detallan en el siguiente Tabla.

Los rangos que pueden tomar estas variables y los criterios a considerarse se presentan en la Tabla 3.9.

Tabla 3. 9: Factores de la Economía Atómica

Factor	Fórmula	Rango	Criterio de evaluación
Factor E	$E = \frac{masa\ residuos}{masa\ producto\ final}$	$E \in <0, \infty>$	$E \to 0$
Eficiencia Atómica	$AE = \frac{\sum \bar{M}_{producto\ final}}{\sum \bar{M}_{total\ producido}}$	$AE \in <0\ , 100\%>$	$AE \to 100\%$
Rendimiento de masa efectivo	$MI = \frac{masa\ total\ usada}{masa\ producto\ final}$ $MI = E + 1$	$MI \in <1, \infty>$	$MI \to 1$
Productividad de masa	$MP = {}^{1}/_{MI}$	$MP \in <0,1>$	$MP \to 1$

Fuente: (Sheldon R. A., 2007)

CAPÍTULO IV: RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El objetivo de esta sección es presentar de forma ordenada y lógica los resultados en los experimentos planteados, utilizando herramientas como tablas y figuras. Esta información permite interpretar los datos obtenidos en el estudio, mediante la discusión se desea dar significado a los resultados para luego darle contexto y explicarlo. Esto deben responder a las preguntas de investigación. En tal sentido en la primera parte, se demuestra que el proceso de extracción FSC es más eficiente que las tecnologías convencionales. En la segunda parte evalúa el escalamiento y simulación del proceso de extracción, mientras que en la última aborda los indicadores ambientales.

4.1. Tecnologías limpias y métodos tradicionales en la extracción de componentes bioactivos

En la revisión bibliográfica sobre los procesos de extracción de los compuestos bioactivos a partir de residuos agroindustriales, se ha observado que el uso de tecnologías limpias resulta más eficiente y genera productos de mayor calidad en comparación con los métodos convencionales.

A continuación, se detallan las características de las tecnologías limpias frente a las tecnologías convencionales.

4.1.1. Procesos de tecnologías verdes

- **Extracción con fluidos supercríticos (SFE)**: es un proceso que utiliza CO_2 en estado supercrítico para extraer compuestos activos, sustituyendo el uso de solventes orgánicos tóxicos.
- **Extracción asistida por ultrasonido (UAE)**: es una técnica que emplea ondas sonoras para mejorar la eficiencia del proceso de extracción, disminuyendo la cantidad de solventes requeridos.
- **Extracción asistida por microondas (MAE)**: es método que aprovecha la energía de las microondas para calentar selectivamente los materiales, lo que permite acelerar el proceso de extracción.

4.1.2. Procesos de tecnologías convencionales

- **Extracción por solvente**: es un método ampliamente utilizado que emplea solventes orgánicos como etanol, metanol o acetona para extraer compuestos bioactivos. Sin embargo, es menos eficiente y puede dejar residuos de solventes en el producto final.

- **Extracción Soxhlet**: es un proceso en el cual el solvente recircula continuamente a través del material sólido para extraerlos compuestos deseados. No obstante, este método demanda grandes cantidades de solvente y tiene un mayor impacto ambiental significativo.
- **Destilación por arrastre de vapor**: es un proceso utilizado principalmente para extraer aceites esenciales. Sin embargo, requiere altas temperaturas y presenta una menor eficiencia en la recuperación de ciertos compuestos sensibles al calor.

4.1.3. Parámetros de evaluación entre las tecnologías limpias y convencionales

Los parámetros evaluados para comparar la tecnología de FSC y las convencionales se describen a continuación.

- **Eficiencia de extracción**: se refiere a la capacidad de un proceso para recuperar la mayor cantidad de materia activa de una materia prima, se expresa como el porcentaje de la cantidad total de compuestos presentes en el material original que se logra extraer en proceso determinado.
- **Impacto ambiental**: Evalúa el uso del recurso, la generación de residuos y huella de carbono.
- **Pureza de los compuestos**: indica el porcentaje de compuesto bioactivos extraídos que están libres de impurezas o contaminantes.
- **Consumo energético**: refleja la cantidad de energía requerida en relación con la energía total requerida para el proceso de extracción.
- **Uso de solvente**: evalúa el grado de dependencia de los solventes en el proceso.
- **Calidad del producto final**: se fundamenta en la conservación de las propiedades bioactivos, la estabilidad y la no degradación del producto.

- **Tiempo de procesamiento**: hace referencia al tiempo total necesario para llevar a cabo el proceso de extracción.
- **Aplicación industrial**: indica la facilidad y la capacidad de adaptación del proceso a una escala industrial.
- **Costos operativos**: incluye tanto los costos iniciales como los gastos de operación a largo plazo.
- **Escalabilidad**: valora la capacidad de un proceso para expandirse de manera eficiente a nivel industrial.

4.1.4. Resultado comparativo entre la extracción con FSC y tecnologías convencionales.

A continuación, en la tabla 4.1, se proporciona una comparación exhaustiva entre la extracción con fluidos supercríticos (FSC) y los métodos convencionales, proporcionando una base sólida para evaluar aspectos como eficiencia, impacto ambiental, pureza del producto, costos y escalabilidad. Los valores presentados han sido obtenidos a partir de los estudios citados en las referencias bibliográficas. Esta información es esencial para comprender las ventajas que ofrece la tecnología de FSC frente a los métodos convencionales.

Los estudios revisados confirman la superioridad de las tecnologías limpias en términos de rendimiento, calidad y sostenibilidad para la extracción de compuestos bioactivos a partir de residuos agroindustriales. Estas tecnologías, como el uso de CO_2 supercrítico, ofrecen ventajas significativas sobre los métodos convencionales basados en solventes orgánicos.

Tabla 4. 1: Comparación porcentual entra la extracción con Fluido Supercrítico (FSC) y métodos convencionales: Eficiencia, Impacto ambiental, Pureza y Viabilidad Industrial.

Criterio	Extracción con FSC (%)	Procesos convencionales (%)	Referencias
Eficiencia de extracción	70-90	40-60	(Chemat F. , et al., 2019), (Herrero, Cifuentes, & Ibañez , 2006)
Impacto ambiental	10-20	60-80	(Brunner, 2005), (Reverchon & De Marco , 2006)
Pureza de los compuestos	80-95	50-75	(Azmir, et al., 2013)
Consumo energético	70-90	100	(Ibañez, Herrero, Mendiola , & Castro-Puyana, 2012)
Uso de solventes	0-10	50-100	(Herrero, Cifuentes, & Ibañez , 2006), (Brunner, 2005)
Calidad del producto final	85-100	50-70	(Rostagno & Prado, 2013)
Tiempo de procesamiento	50-70	80-100	(Chemat F. , et al., 2019), (Azmir, et al., 2013)
Aplicación industrial	80-100	60-80	(Mukhopadhyay, 2000)
Costos operativos	60-80	50-70	(Brunner, 2005), (Couto, Fernandes, Gomes da Silva, & Simões, 2009)
Escalabilidad	60-80	80-100	(Mukhopadhyay, 2000)

Fuente: Elaboración propia

En resumen, se puede afirmar que la extracción de compuestos bioactivos utilizando tecnologías limpias, como el CO_2 supercrítico, no solo produce un mayor rendimiento y calidad del producto, sino que también es más sostenible en comparación con los procesos convencionales. A continuación, se detallan los principales respaldos de esta superioridad:

Mayor rendimiento en la extracción: las tecnologías limpias optimizan la recuperación de compuestos bioactivos, permitiendo un mayor aprovechamiento de los residuos agroindustriales.

- Aumenta la pureza del producto final: Las tecnologías limpias reducen significativamente la extracción de impurezas, produciendo compuestos de alta pureza y mejorando notalmente la calidad del producto final.
- Reducción del tiempo de extracción: tecnologías avanzadas como la extracción con fluido supercrítico y otras técnicas ecológicas, aceleran considerablemente el proceso de extracción, optimizando la eficiencia operativa.
- Ausencia de residuos de solventes: Al eliminar el uso de solventes tóxicos, las tecnologías limpias garantizan una mayor seguridad en el producto final, haciéndolo ideal para aplicaciones en las industrias alimentarias y cosméticas.
- Reducción del impacto ambiental: Al minimizar o eliminar el uso de solventes orgánicos, se logra una reducción considerable en la contaminación y la generación de residuos peligrosos, lo que posiciona a las tecnologías limpias como una opción más respetuosa con el medio ambiente y sostenible a largo plazo.

4.2. Optimización del proceso de extracción FSC

La presentación del análisis de optimización se llevará a cabo de manera individual, lo que permitirá un enfoque personalizado para cada caso. Además, se realizará una diferenciación exhaustiva entre los tipos de semilla utilizadas, destacando las características específicas de cada una y su impacto en el rendimiento. Este enfoque detallado busca ofrecer una compresión más

profunda de las variables que influyen en los resultados, facilitando la optimización el proceso de extracción con FSC.

4.2.1. Extracción de aceite de semilla de uva

4.2.1.1. Acondicionamiento del orujo de uva

El orujo recibido pasa por proceso inicial de preparación que incluye las etapas de prensado y secado por convección. El prensado se realiza con el propósito de extraer el jugo residual presentes de las semillas, como se ilustra en la figura 4.1. Los resultados detallados del proceso de secado por convección a 40°C se encuentran detallados en la tabla 4.2 mientras que la cinética de secado se ilustra en la figura 4.2.

Se observa que, después de 7 horas de secado, la humedad del orujo permanece prácticamente constante con el trascurrir del tiempo.



Figura 4. 1: Prensado inicial

Fuente: Elaboración propia

***T*abla 4. 2: Datos obtenidos del secado de orujo**

t (h)	Peso bandeja + muestra inicial	Peso neto muestra inicial	Variación del Peso	Variación del Tiempo	Velocidad de Secado
	(g)	(g)	(Δw)	(Δt)	(Δw / Δt)
0	738.36	347.1	-	-	
1	666.78	275.52	71.58	1	71.58
2	615.40	224.14	51.38	1	51.38
3	590.12	198.86	25.28	1	25.28
4	567.78	176.52	22.34	1	22.34
5	551.00	159.74	16.78	1	16.78
6	537.74	146.48	13.26	1	13.26
7	526.57	135.31	11.17	1	11.17
8	522.82	131.56	3.75	1	3.75
9	520.08	128.82	2.74	1	2.74
10	519.30	128.04	0.78	1	0.78

Fuente: Elaboración propia

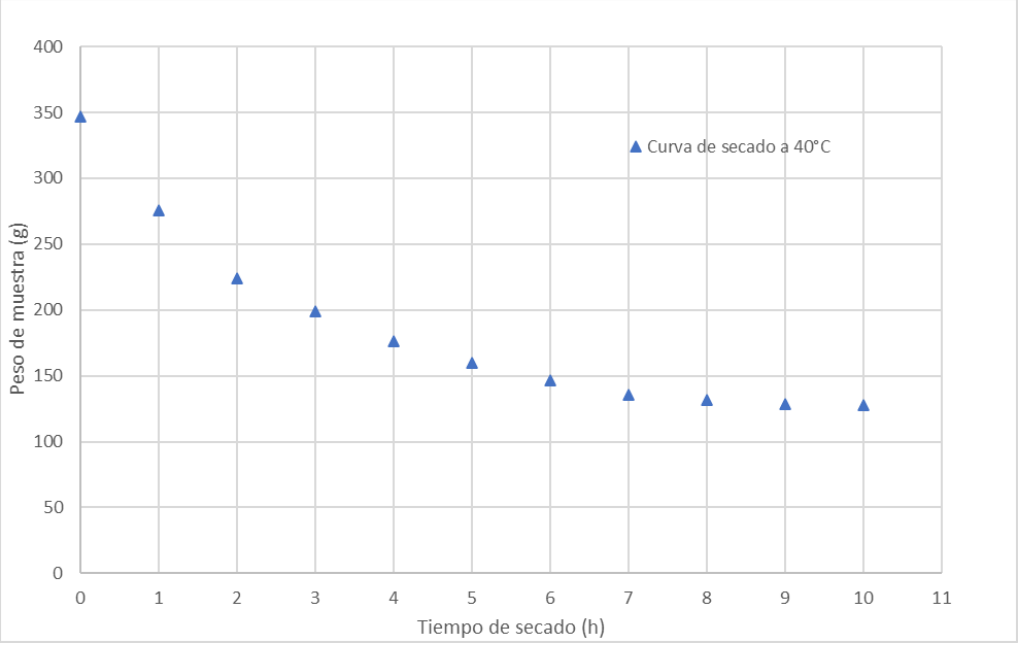


Figura 4. 2: Cinética de secado del orujo

Fuente: Elaboración propia

Los resultados de la humedad al final de este tratamiento se presentan en la tabla 4.3. El orujo con la humedad obtenida, según los datos proporcionados en las muestras 1 y 2, se muestran en la figura 4.3. A partir de este orujo, se separan la cascará y la semilla, siendo esta última sometida a extracción de aceite mediante la tecnología supercrítica.

Tabla 4. 3 : Humedad del orujo tratado

	Peso Inicial (g)	Peso Final (g)	Humedad (%)
Muestra 1	1.187	1.014	14.57%
Muestra 2	0.874	0.774	11.44%
Humedad Promedio (%)			13.01%

Fuente: elaboración propia



Figura 4. 3 :Orujo acondicionado

Fuente: Elaboración propia

4.2.1.2 Acondicionamiento de la semilla para el proceso de extracción con FSC

Las semillas de uva, obtenidas del orujo acondicionado, se sometieron a un proceso de clasificación, seguido de molienda y tamizado, hasta alcanzar un tamaño de partícula entre 180 y 1000 mm. Luego, las semillas tamizadas se sometieron a un proceso de secado para reducir su contenido de humedad a un promedio de 8,445%. A continuación, se introdujeron 40,01 gramos de muestra en un saco, el cual fue colocado en el reactor del extractor de fluido supercrítico.

4.2.1.3 Análisis Estadístico de la Extracción supercrítica

En el equipo de extracción con fluido supercrítico, se llevaron cabo las extracciones bajo las condiciones específicas propuestas en la metodología, utilizando el Rendimiento del aceite obtenido (%) como factor de respuesta. Los datos resultantes se muestran en la tabla 4.4, utilizando un flujo de CO_2 de 5pie^3/h. Además, la figura 4.4 ilustra la cinética de la extracción seleccionadas.

Tabla 4. 4 : Resultado experimentales de la extracción de aceite de semilla de uva es de la extracción de aceite de semilla de uva

Experimento	Variables		
	Presión (bar)	Temperatura (°C)	Rendimiento (%)
1	150	60	0.1476
2	300	40	5.2177
3	450	50	6.0529
4	450	40	4.4049
5	300	40	3.6974
6	450	60	7.6181
7	150	40	0.9530
8	300	60	4.8965
9	300	50	5.8148
10	150	40	1.1283
11	450	60	8.1193
12	150	50	0.4618
13	300	60	5.4260
14	150	50	0.5440
15	450	40	4.6946
16	450	50	6.2685
17	150	60	0.1132
18	300	50	5.3490

Fuente: Elaboración propia

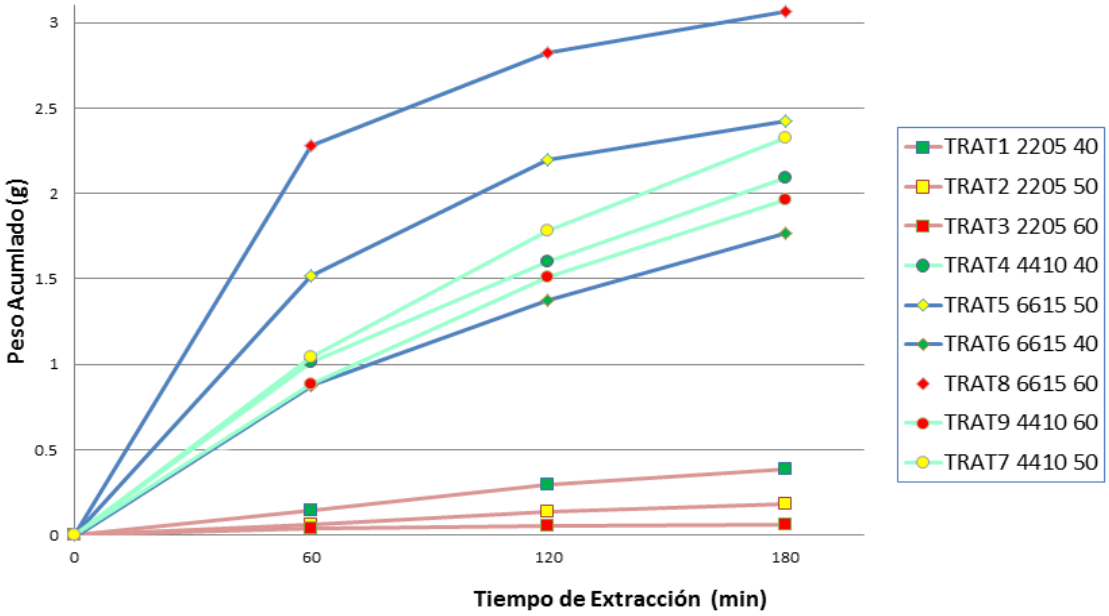


Figura 4. 4 :Cinética de extracción de ensayos seleccionados

Fuente: Elaboración propia

Los resultados fueron evaluados mediante la metodología de "Superficie de Repuesta", un enfoque utilizado para modelar y analizar problemas con el propósito de determinar las condiciones óptimas de operación de un sistema. En este estudio, los datos obtenidos de diversos experimentos fueron analizados utilizando el programa StatGraphics 5.0. A partir de este análisis, se derivó un modelo matemático, presentado en la ecuación 4.1, donde P es la presión y T la temperatura de extracción.

$$Rendimiento = -4.55643 + 0.0286438 * P + 0.0541967 * T - 0.0000751726 * P^2 + 0.000704867 * P * T - 0.00213783 * T^2 \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \ldots. \ldots. (4.1)$$

El análisis de varianza del rendimiento como se presenta en la tabla 4.5, destacando que la Presión (A), la Temperatura(B) y las interacciones Presión-Presión y Presión-Temperatura tienen un impacto significativo en el rendimiento, indicándose por valores de p inferiores a 0.05. Además, se generan las gráficas del análisis estadístico, que es presentada en la figura 4.5.

Tabla 4. 5 : Análisis de Varianza para el rendimiento

Fuente	Suma de cuadrados	GI	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
A: Presión	95.2619	1	95.2619	435.93	0.0000
B: Temperatura	3.22901	1	3.22901	14.78	0.0027
AA	11.4431	1	11.4431	52.36	0.0000
AB	8.94307	1	8.94307	40.92	0.0001
BB	0.182813	1	0.182813	0.84	0.3800
Bloques	0.00286272	1	0.00286272	0.01	0.9109
Error total	2.40381	11	0.218528		
Total (corr)	121.467	17			
R-cuadrada = 98.021%					
R-cuadrada (ajustada por GI) = 96.9416%					
Estadístico Durbin-Watson = 1.80004 (P=0.3033)					

Fuente: Elaboración propia

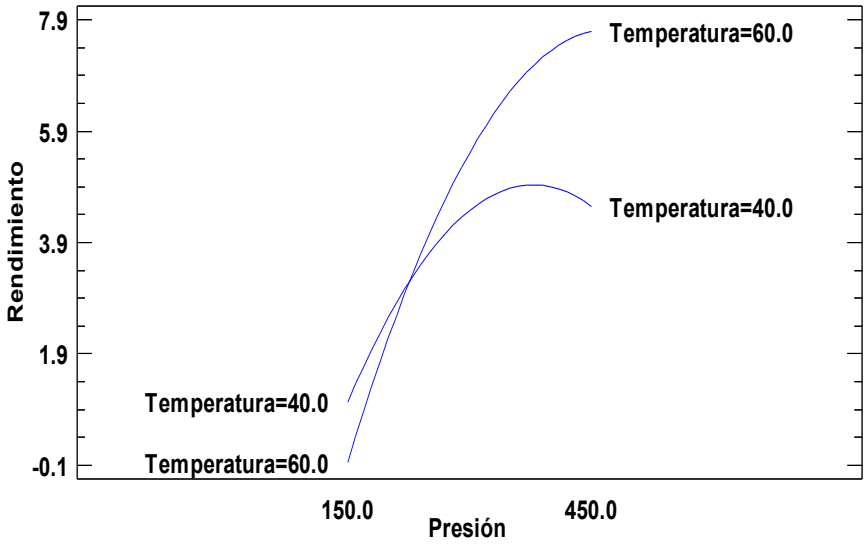


Figura 4. 5 :Gráfica de interacción para Rendimiento

Fuente: Elaboración propia

Tras examinar los datos derivados del análisis de varianza y rendimiento, llegamos a la conclusión de que la presión ideal es de 450 bar y la temperatura optima es de 60°C, y se alcanza un rendimiento máximo del 7.69782%. Estos valores son presentados en la tabla 4.6.

Tabla 4. 6 : Optimización del modelo de extracción del aceite de semilla de uva

Factor	Bajo	Alto	Óptimo
Presión	150.0	450.0	450.0
Temperatura	40.0	60.0	60.0

Fuente: elaboración propia

Utilizando las condiciones óptimas determinadas de presión y temperatura se, procedió a llevar a cabo la extracción del aceite de la semilla de uva, considerando los parámetros de operación relacionados con el flujo de CO_2, granulometría y la humedad. La grafica de la cinética de extracción se presenta en la figura 4.6, mientras que la velocidad de extracción se presenta en la figura 4.7, en ambas figuras revelan que la inflexión de la curva ocurre a los 120 minutos. En este punto se obtuvieron los siguientes resultados: un rendimiento de 6.8610%, una acidez libre de 0.6901% y capacidad oxidante de 6883.92 µmol por 100 g de aceite. En la tabla 4.7 se presentan los datos correspondientes a la masa extraída y el rendimiento.

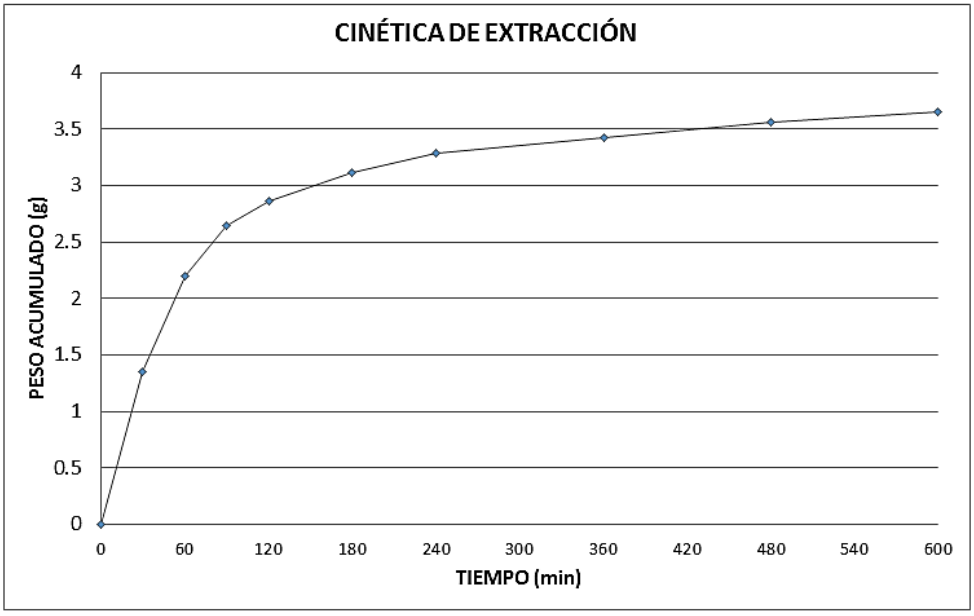


Figura 4. 6 :Cinética de extracción a condiciones óptimas.

Fuente: Elaboración propia

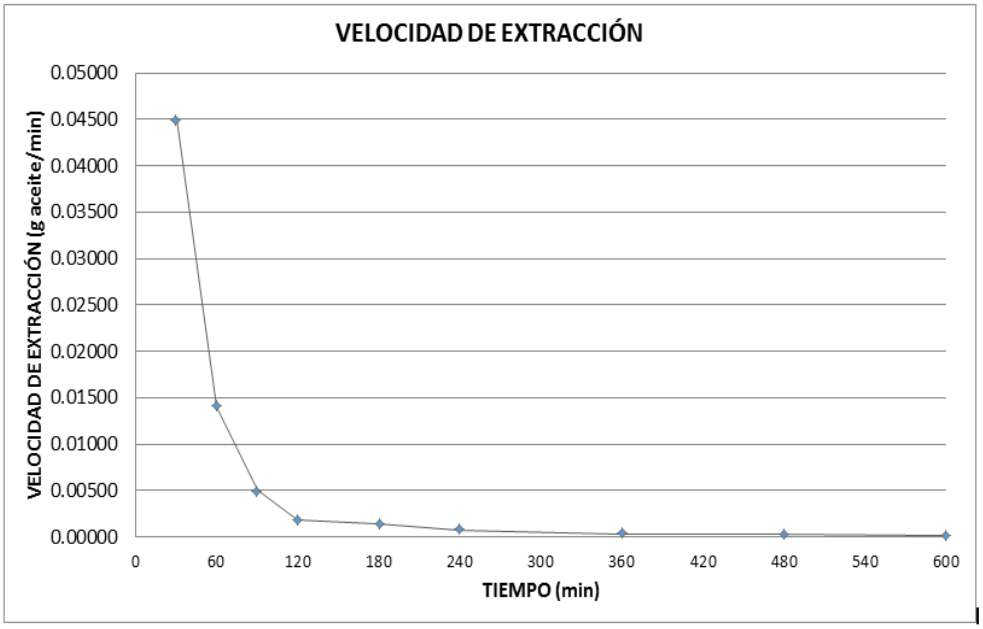


Figura 4. 7: Velocidad de extracción

Fuente: Elaboración propia

Tabla 4. 7 : Rendimiento en las condiciones óptimas de extracción obtención del aceite de uva

Tiempo de extracción (min)	Tara (g)	Peso bruto (g)	Extracto de aceite neto (g)	Rendimiento total (%)
120	25.1940	27.9391	2.7451	6.8610%

Fuente: Elaboración propia

4.2.2. Extracción de aceite de semilla de lúcuma

4.2.2.1. Determinación de la humedad de las muestras y carga de muestra

La humedad de las semillas de lúcuma, las cuales fueron molidas y tamizadas para cada prueba, como se evidencian en la figura 4.8. El porcentaje de humedad se calculó utilizando balanza de humedad, y los resultados de esta medición, incluyendo el promedio, se detallan en la tabla 4.8



Figura 4. 8 : Balanza de humedad

Fuente: Elaboración propia

Tabla 4. 8 : Porcentaje de humedad de las semillas de lúcuma

N° ensayo	% Humedad 1 (%)	% Humedad 2 (%)	% Humedad Promedio
1	5.02	4.76	4.89

Fuente: Elaboración propia

Las semillas de lúcuma, después de ser molidas y tamizadas, deben ser dispuestas en un saco de nylon que permita la entrada de CO_2, posibilitando así la extracción del aceite en condiciones supercríticas. La cantidad de semilla utilizada en cada ensayo es de 40 g. La figura 4.9 ilustra la medición del peso del saco de nylon junto con las semillas de lúcuma.



Figura 4. 9 :Medición del peso del saco de nylon con las semillas

Fuente: Elaboración propia

4.2.2.2. Análisis Estadístico de la Extracción Supercrítica

Los experimentos se llevaron a cabo utilizando el equipo de extracción SFT-150 (figura 4.10) con flujo de 8 ft^3/h. Se evaluó la cinética de extracción a 300 atm y 35 ^oC para determinar el tiempo de extracción. Para lograr esto, se recolecto el aceite en viales a intervalos de 5 min, 10 min, 30 min, 60 min y 120 min, midiendo

la masa de aceite en cada punto seleccionado, como se representa en la figura 4.11. El grafico muestra que después de 120min, la masa extraída de aceite se mantiene constante. Por lo tanto, se estableció, que el tiempo de extracción para los sucesivos ensayos será de 120 min.



Figura 4. 10 : Equipo de Extracción supercrítica

Fuente: Elaboración propia

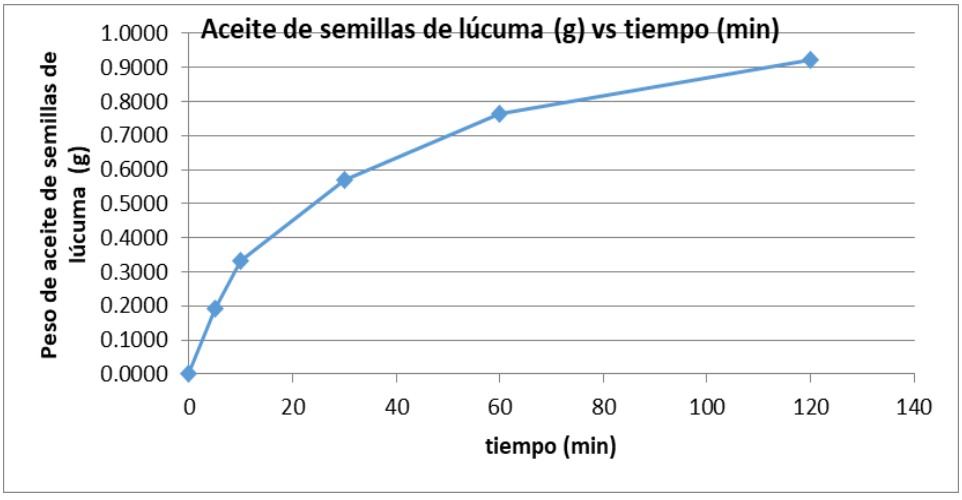


Figura 4. 11: Cinética de extracción de aceite (P = 300 atm, T = 35 °C)

Fuente: Elaboración propia

En el equipo de extracción con fluido supercrítico se realizaron las extracciones del aceite de la semilla de lúcuma, tomando en cuenta el tiempo de extracción, flujo de CO_2 y la masa de la semilla como variables clave. Estas extracciones se llevaron a cabo bajo las condiciones específicas propuestas en la metodología, utilizando el Rendimiento del aceite obtenido (%) como factor de respuesta. En la tabla 4.9. se detallan los rendimientos y la cantidad de aceite extraída para diferentes condiciones de presión y temperatura.

Tabla 4. 9 : Rendimientos de la extracción FSC del aceite de la semilla de lúcuma

N°	P (atm)	T (°C)	% de extracción	Aceite (mg/g d.b.)
1	300	35	2.6115	26.1146
2	300	55	2.8182	28.1822
3	150	35	1.5112	15.1119
4	150	55	0.5691	5.6911
5	312	45	2.8355	28.3554
6	211.5	45	2.3073	23.0726
7	225	77.55	1.4592	14.5923
8	225	49.35	2.2755	22.7552
9	225	45	2.2110	22.1101
10	225	45	2.0650	20.6503

Fuente: Elaboración propia

Según las extracciones realizadas, se han logrado rendimientos de extracción en el intervalo de 0.57 % a 2.83 % bajo condiciones específicas de presión (150 atm, 211.5 atm, 225 atm, 300 atm y 350 bar) y temperatura (35°C, 45°C, 49.35°C, 55°C y 77.55°C). El rendimiento más alto de aceite (2.8355 %) se alcanzó a 312bar y T = 45°C, mientras que el rendimiento más bajo (0.5691 %) se obtuvo a 150 bar de presión y T=55°C.

Los resultados de los experimentos, detallados mostrados en el Tabla 4.9, fueron sometidos a análisis mediante la metodología de “Superficie de Repuesta”, Esta técnica se emplea para modelar y analizar problemas con el objetivo de determinar las condiciones óptimas de operación de un sistema. En el caso del aceite de semilla de lúcuma, los datos obtenidos de diversos experimentos se analizaron utilizando el programa Minitab 21.2, y se planteó un modelo matemático representado por la ecuación 4.2, donde P es la presión y T la temperatura de la extracción. El análisis de varianza del rendimiento se presenta en la tabla 4.10, de donde se identifica que la Presión, la Temperatura y las interacciones Presión-Presión y Presión-Temperatura tienen un efecto significativo sobre el rendimiento, indicándose con el valor p menor a 0.05. Es importante destacar que el cuadrado de la temperatura no influye de manera significativa en el rendimiento, ya que su valor p es mayor a 0.05.

Tabla 4. 10 : Análisis de varianza y rendimiento

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Modelo	5	4.39706	0.87941	35.78	0.002
Lineal	2	3.25150	1.62575	66.15	0.001
Presion	1	2.43373	2.43373	99.03	0.001
Temperatura	1	0.48710	0.48710	19.82	0.011
Cuadrado	2	0.32391	0.16195	6.59	0.054
Presion*Presion	1	0.29534	0.29534	12.02	0.026
Temperatura*Temperatura	1	0.01936	0.01936	0.79	0.425
Interacción de 2 factores	1	0.32994	0.32994	13.43	0.022
Presion*Temperatura	1	0.32994	0.32994	13.43	0.022
Error	4	0.09830	0.02458		
Falta de ajuste	3	0.08764	0.02921	2.74	0.412
Error puro	1	0.01066	0.01066		
Total	9	4.49536			

Fuente: Elaboración propia

$$Rendimiento = 0.74 + 0.2186 * P - 0.0.0807 * T - 0.000062 * P^2 + 0.000383 * P * T - 0.000249 * T^2 \ldots\ldots\ldots\

temperatura, siendo estas 312 atm y 77.55°C. Además, se presenta la representación gráfica de la superficie de respuesta en la figura 4.12.

Tabla 4. 11:Valor óptimo de la extracción SFC

Variable	Valor de configuración
Presion	312
Temperatura	77.55

Respuesta	Ajuste	EE de ajuste	IC de 95%	IP de 95%
Rendimiento	3.048	0.358	(2.055, 4.042)	(1.964, 4.133)

Fuente: Elaboración propia

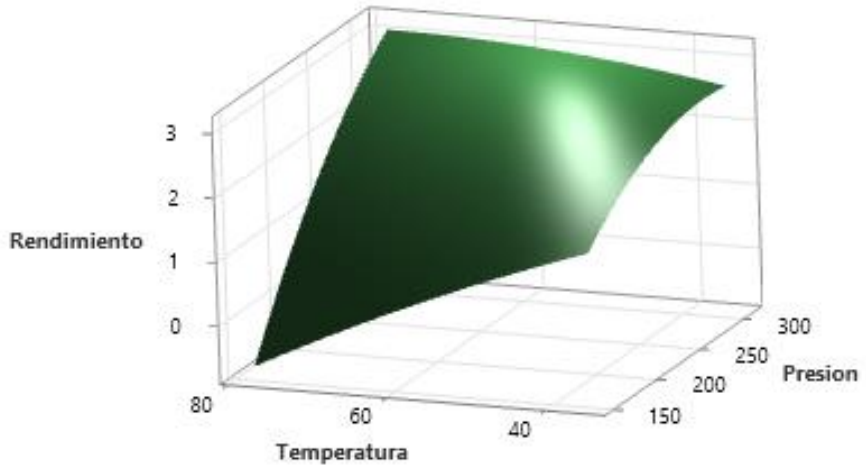


Figura 4. 12 : Superficie de Respuesta

Fuente: Elaboración propia

4.3. Escalamiento y simulación del proceso de extracción FSC de aceite de semillas de uva y lúcuma

La realización de la evaluación técnica económica en la de obtención de aceite a partir de semillas de uva y lúcuma mediante la aplicación de la con tecnología de extracción con fluido supercrítico ofrece una visión clara de la rentabilidad de dicho proceso a escala industrial, proporcionando así una evaluación de la viabilidad para futuras inversiones. Cabe destacar que este proceso se ejecutara mediante tecnologías limpias.

4.3.1. Descripción de proceso de obtención de aceite de lúcuma y uva

i. Proceso de obtención del aceite de uva

El material recibido como orujo esta principalmente compuesto por cáscara y semilla de uva, según se detalla en el Tabla 4.12. El proceso comienza con el proceso de secado para facilitar la separación de la semilla, utilizando orujo con un 14% de humedad inicial Este orujo se deshidratado parcialmente en un secador de bandejas durante 1 hora, reduciendo la humedad al 11%. Posteriormente, el orujo se traslada a un separador y clasificador (tamiz vibratorio), donde se elimina las cáscaras, los escobajos y otros residuos de las semillas, representando un 83% de separación y obteniendo así la semilla de uva.

La semilla de uva resultante se somete a un proceso de molienda, y mediante el uso de un tamiz, se controla la granulometría para que se encuentre en el rango de 180 a 1000 µm. A la semilla molida de uva se somete a un segundo proceso

secado hasta alcanzar una humedad de 6 a 8%. Bajo estas condiciones de pre tratamiento, la semilla es alimentada al proceso de extracción de fluido supercrítico, donde se aplica una temperatura de 60 °C y una presión de 456 bar.

El CO_2 supercrítico, que trasporta el aceite deseado, se somete a un proceso de separación en un ciclón, dividiéndose en dos fases: una gaseosa y otra liquida. La fase gaseosa, compuesta exclusivamente por CO_2 y con un flujo de 167kg/h, se recircula en el proceso, mientras que la fase liquida, que contiene el aceite extraído, se trasporta par su almacenamiento. En todo el proceso, se logra un rendimiento de extracción de aceite a partir de la semilla de uva del 0.68%.

ii. Proceso de obtención del aceite de lúcuma

Las semillas de lúcuma son sometidas a un pretratamiento, que consiste en la limpieza con agua ozonizada a una concentración de 2ppm, 0.01 m^3/kg de lúcuma. Posteriormente, pasan por, una etapa de triturado para eliminar pericarpio o cáscara, seguido de un proceso de rebanado que produce laminas con un grosor 1.7 ± 0.3 mm.

Las láminas de semilla de lúcuma pasan por un proceso deshidratación en un secador de bandejas, donde se ajusta la temperatura entre 40°C y 60°C, y se mantiene la velocidad de aire de secado a 3 ± 0.5 m/s por un tiempo 60 minutos, alcanzando así una humedad del 8%. Posteriormente, las semillas deshidratadas son molidas y tamizadas, logrando un tamaño de partícula de 180-1000µm.

Las semillas de lúcuma, después de ser acondicionadas, se introducen a un reactor de fluido supercrítico, donde se somete una temperatura de 45°C y una presión 347 bar. Durante este proceso, el CO_2 supercrítico disuelva al aceite presente en la semilla, y para obtener el aceite, se lleva cabo un proceso de separación en un ciclón, dividiéndose en dos fases: una gaseosa y otra liquida. La fase gaseosa, compuesta únicamente por CO_2 y con un flujo de 145kg/h, se recircula en el proceso, mientras que la fase liquida, que contiene el aceite

extraído, se trasporta par su almacenamiento. En todo el procedimiento, se logra un rendimiento de extracción de aceite de las semillas de lúcuma del 2.70%.

4.3.2. Especificaciones de la alimentación

Las composiciones de las líneas de alimentación del orujo de uva y las semillas de lúcuma se presentan en las tablas 4.12 y 4.13, y estas composiciones son empleadas en la simulación realizada con SuperPro Designer v10. Es importante destacar que, para almacenamiento previo al proceso, se necesita mantener el orujo de uva a 5 °C para prevenir su deterioro, mientras que la semilla de lúcuma únicamente requiere almacenarse al vacío.

Tabla 4. 12 :Composición de la alimentación del orujo de uva

Compuesto	Compuesto símil	Porcentaje (%)
Cáscara de la uva	Biomasa	49.0537
Escobajo de uva	Biomasa	17.4111
Materia extraña	Biomasa	2.5627
Aceite de semilla de uva	Aceite	8.3270
Pulpa inerte de semilla de uva	Biomasa	10.2195
Agua (Humedad)	Agua	14.0182

Fuente: Elaboración propia

Tabla 4. 13: Composición de la alimentación de la semilla de lúcuma

Compuesto	Compuesto símil	Porcentaje (%)
Pericardio de la lúcuma	Biomasa	17.8620
Aceite de semilla de lúcuma	Aceite	2.3290
Endospermo de la lúcuma	Biomasa	36.3793
Humedad Endospermo de la lúcuma	Agua	43.4296

Fuente: Elaboración propia

4.3.3. Especificaciones del producto obtenido

Las composiciones de los ácidos grasos derivados de los aceites extraídos mediante la tecnología supercrítica de las semillas de uva y lúcuma son detalladas a continuación. El análisis de la composición de los ácidos grasos se del aceite de la uva de lúcuma se encuentra en los Anexos 1 y 2.

4.3.3.1. Aceite de semilla de lúcuma

Actualmente, la producción del aceite de lúcuma no está difundida, pero sus aplicaciones son variadas y pueden ser utilizadas en las industrias alimentarias, farmacéuticas y cosméticas. En la tabla 4.14 se muestra la composición de los ácidos grasos de la semilla de lúcuma, destacando que este aceite contiene aproximadamente un 66 % de ácido oleico y linoleico, y un 30 % de ácido palmítico y esteárico. Estas características hacen que el aceite de lúcuma sea similar al aceite de oliva en su perfil de composición, lo que sugiere un potencial interesante para su uso en diferentes productos.

Tabla 4. 14: Composición de la alimentación de la semilla de lúcuma

Ácidos grasos	Concentración relativa (%)
Ácido mirístico (C14:0)	0.1
Ácido palmitoleico (C16:1)	0.2
Ácido palmítico (C16:0)	7.5
Ácido linoleico (C18:2)	64.9
Ácido oleico (C18:1)	21.8
Ácido esteárico (C18:0)	5.2
Ácido cis-eicosenoico (C20:1)	0.2
Ácido araquídico (C20:0)	0.1

Fuente: Elaboración propia

4.3.3.2. Aceite de semilla de uva

La producción de aceite de semilla de uva en nuestro medio realiza principalmente mediante el método de prensado, en un enfoque destacado de uso cosmético. La composición de ácidos grasos del aceite extraído mediante la tecnología de fluido supercrítico se detalla en la tabla 4.15. Como se puede observar, este aceite contiene 86% de ácido linoleico y oleico, lo que le confiere múltiples beneficios para la salud y diversas aplicaciones industriales. Por ello, el aceite de la semilla de uva se posiciona como una opción valiosa tanto para el consumo humano como para la producción de diversos productos alimenticios y cosméticos.

Tabla 4. 15:Composición de los ácidos grasos del aceite de semilla de uva

Ácidos grasos	Concentración relativa (%)
Ácido pentadecanoico (C15:0)	0.20
Ácido palmítico (C16:0)	16.79
Ácido palmitoleico (C16:1)	0.28
Ácido esteárico (C18:0)	12.78
Ácido oleico (C18:1)	33.16
Ácido cis-11-octadecenoico (C18:1)	1.99
Ácido linoleico (C18:2)	32.85
Ácido araquídico (C20:0)	0.57
Ácido linolénico (C18:3)	1.16
Ácido-11-eicosanoico (C20:1)	0.22

Fuente: Elaboración propia

4.3.4. Servicios

Para la obtención de aceite a partir de la semilla de lúcuma y del orujo de uva, se requiere un proceso especifico que involucran varios insumos claves:

- Dióxido de carbono (CO_2) en estado líquido: El CO_2 en estado líquido se utiliza como solvente en el proceso de extracción supercrítica. Para asegurar la pureza del producto final, es fundamental utilizar CO2 de alta calidad, con una pureza del 99.9%.
- Agua Ozonificada: Para eliminar microorganismos y garantizar la seguridad del proceso, se emplea agua ozonificada. El ozono es un potente desinfectante que, en concentraciones de 2ppm, logra reducir la carga microbiana sin dejar residuos químicos nocivos.
- Refrigerante R-134a: Este refrigerante se utiliza para mantener el dióxido de carbono en estado líquido, lo que garantiza que el CO_2 no se evapora prematuramente antes de ser bombeado al extractor de fluido supercrítico. Su función es esencial para asegurar un flujo constante del dióxido de carbono durante el proceso de extracción.

4.3.5. Volumen de producción

4.3.5.1. Aceite de semilla de lúcuma

En la actualidad, la producción del aceite de lúcuma no está ampliamente difundida, pero sus aplicaciones abarcan diversos sectores, incluyendo las industrias alimentarias, farmacéuticas y cosméticas. Conforme la información proporcionada por (León Carrasco, 2022) en el Perú se producen cerca de 12 mil toneladas de lúcuma, de los cuales 7 mil toneladas corresponden a la región de Lima. Considerando que las semillas representan aproximadamente el 12% del peso total de la fruta de lúcuma, se estimaría que a nivel nacional hay disponibles 1440 toneladas de semilla de lúcuma, y a nivel de la región Lima, la disponibilidad seria 840 toneladas.

4.3.5.2. Aceite de semilla de uva

La producción de aceite provenientes de semillas de uva se enfoca principalmente en aplicaciones cosméticas, ya sea través de su comercialización directa al consumidor en envases individuales o como componentes en la fabricación de productos cosméticos. Con base en datos recopilados por (Soto Olaya, 2020), se estima que, en el año 2018, una sola empresa vitícola desecho aproximadamente 950 mil toneladas de orujo. Esta información sirve como base para calcular el valor anual de producción en toneladas de aceite.

4.3.5.3. Diagrama de Flujo de Procesos

A partir del diagrama de flujo de procesos para la extracción de aceites de semillas de lúcuma y uva, presentado en la figura 3.9, se elabora un diagrama de bloques que ilustra las etapas de ambas extracciones, como se muestra en la figura 4.13. En este diagrama, la línea verde representa el proceso extracción de aceite de semilla de lúcuma, mientras que la línea morada corresponde al proceso de extracción de aceite de semilla de uva.

Utilizando este diagrama bloques, se ha creado un modelo de procesos que incluye la distribución de equipos y líneas de flujo necesarios para la etapa de extracción. Este modelo está diseñado para ser ingresado en el simulador SuperPro Designer, tal como se visualiza en la figura 4.14. Este simulador permitirá evaluar la eficiencia y viabilidad del proceso, optimizando así el diseño y la operación de la planta de extracción.

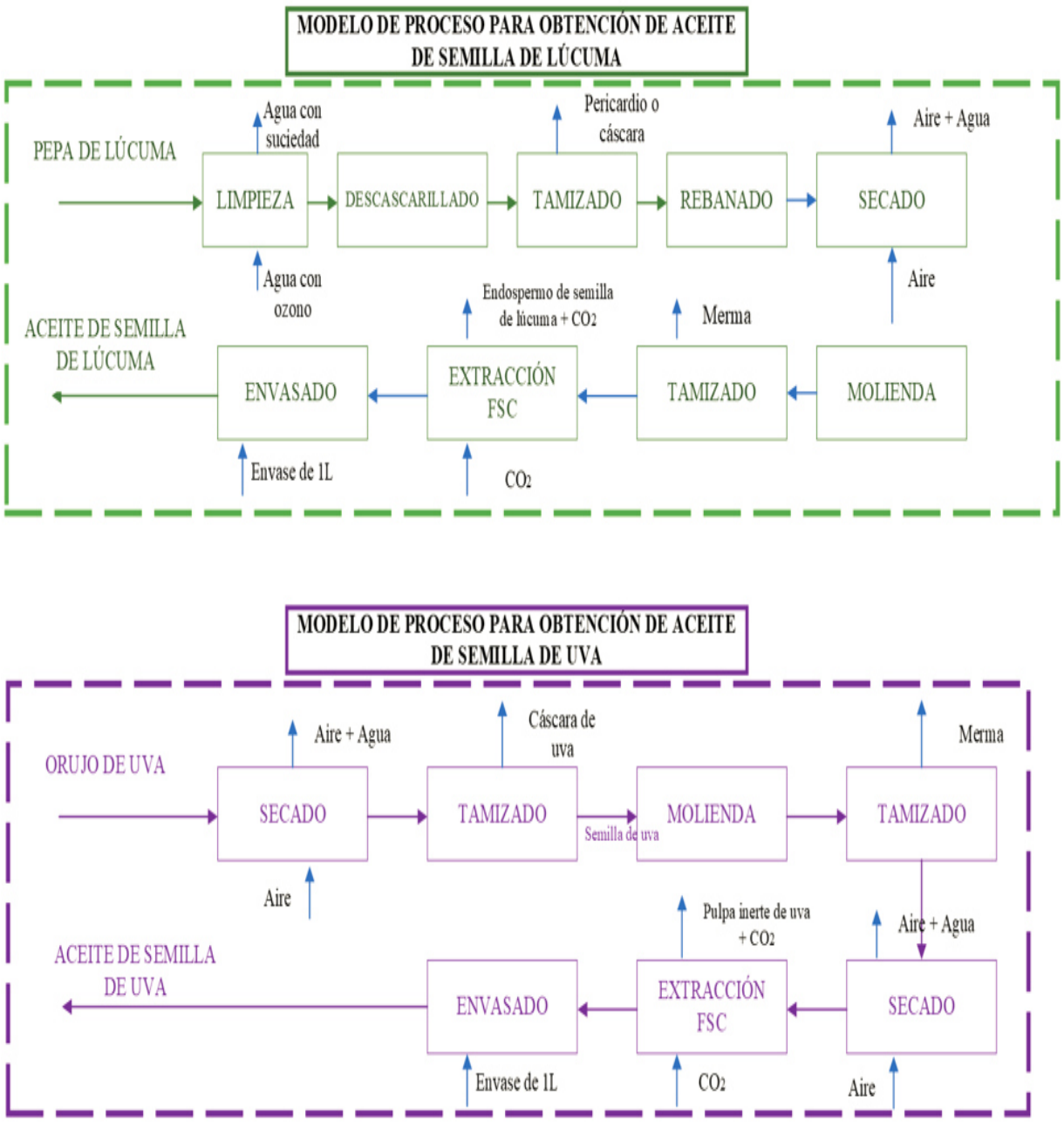
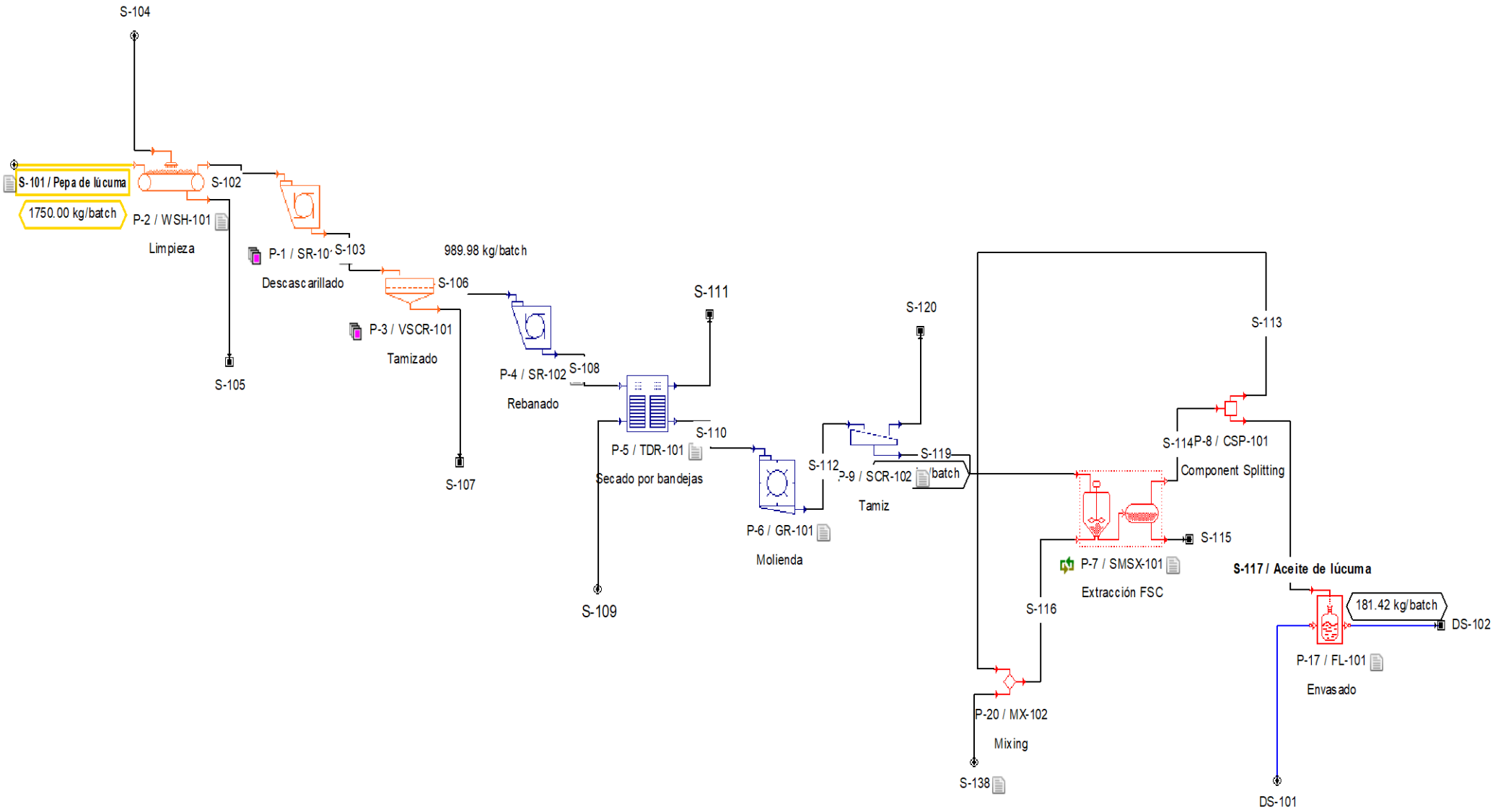


Figura 4. 13 : Diagrama de operaciones de las extracciones del aceite de la semilla de lúcuma y uva

Fuente: Elaboración propia


S-104
S-101 / Pepa de lúcuma
1750.00 kg/batch
P-2 / WSH-101
Limpieza
S-102
S-105
P-1 / SR-101
Descascarillado
S-103
989.98 kg/batch
P-3 / VSCR-101
Tamizado
S-106
S-107
P-4 / SR-102
Rebanado
S-108
S-111
P-5 / TDR-101
Secado por bandejas
S-109
S-110
P-6 / GR-101
Molienda
S-112
S-120
P-9 / SCR-102
Tamiz
S-119
batch
S-113
S-114
P-8 / CSP-101
Component Splitting
S-115
P-7 / SMSX-101
Extracción FSC
S-116
P-20 / MX-102
Mixing
S-138
S-117 / Aceite de lúcuma
181.42 kg/batch
DS-102
P-17 / FL-101
Envasado
DS-101

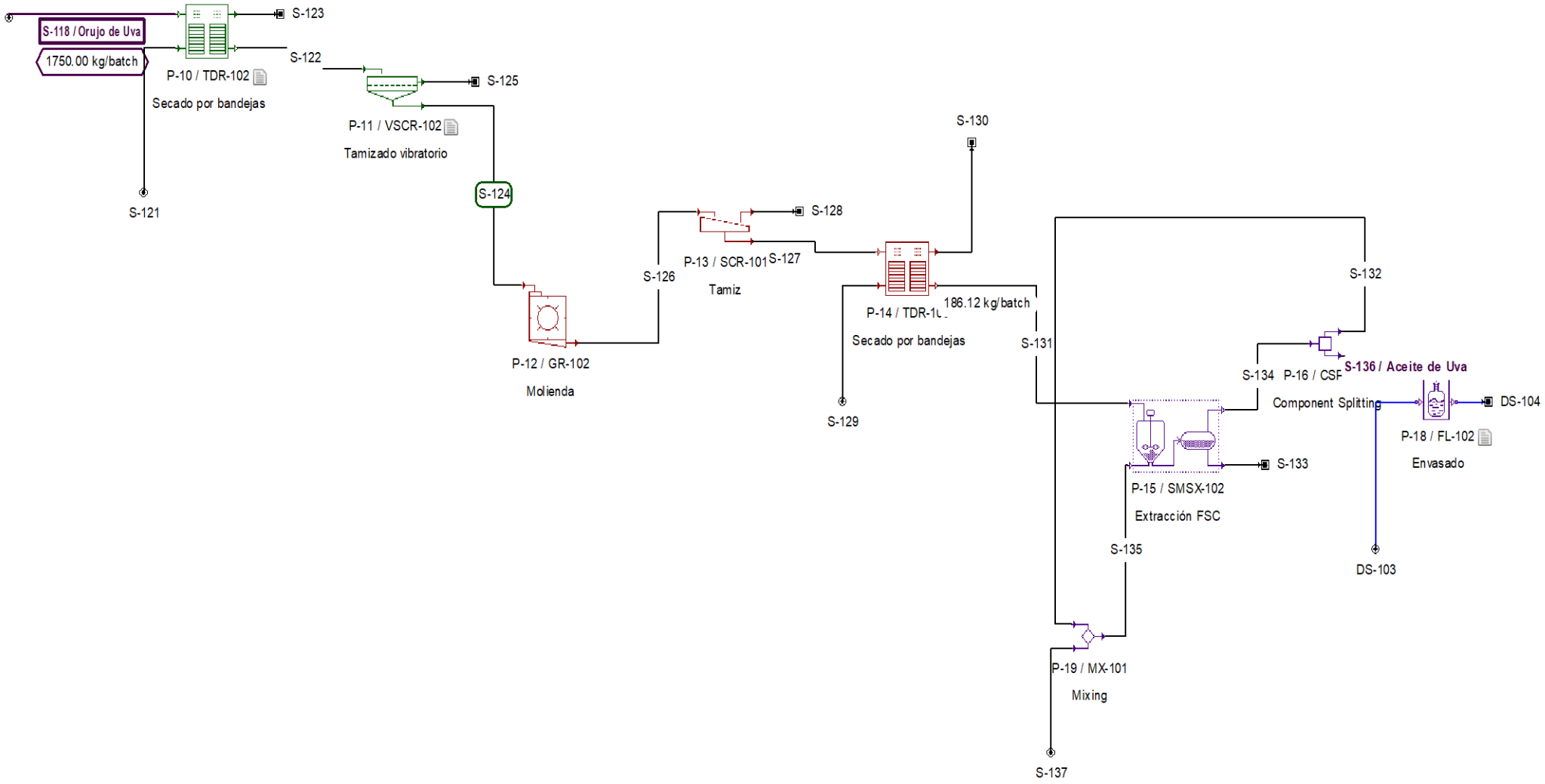


Figura 4. 14: Diagrama de la evaluación técnica económica en el Super Pro Designer, del proceso de obtención del aceite de lúcuma y uva mediante la tecnología de FSC.
Fuente: Elaboración propia

4.3.5.4. Resultados del Balance de Masa y energía

Se ha desarrollado un proceso para la obtención de aceite de lúcuma y uva a través de dos líneas de producción paralelas. El objetivo de esta configuración es facilitar la evaluación técnica económica utilizando el sofware Super Pro Designer, como se ilustra en la figura 4.14. En este proceso, el aceite de lúcuma ha sido definido como el producto principal, mientras que el aceite de uva se considera un subproducto.

Los cálculos de rendimiento se realizarán principalmente en función del aceite de lúcuma, estableciendo así una base clara para evaluar la eficiencia y rentabilidad de la producción. A continuación, se presentan los supuestos que se utilizaran para llevar a cabo estos cálculos:

- Tiempo de operación anual: 7,918.13 h
- Tasa de unidades producidas anual: 109,117.54 Litros de aceite de lúcuma/año y 28, 318 Litros de aceite de uva/año.
- Tamaño del lote: Producción 52.87 Litros de aceite de Lúcuma y 13.72 Litros de aceite de uva a partir de 1750 Kg de pepa de Lúcuma y 1750 Kg de orujo de uva.
- Tiempo de lote: 17.14 h
- Tiempo de ciclo: 3.83 h
- Número de batch por año: 2,064.00
- MP entity = Unidad de producto principal (Aceite de Lúcuma)

El proceso de extracción del aceite de la semilla de lúcuma y de uva se ha estructurado en dos líneas de producción: una destinada para el de aceite de lúcuma y otra para el aceite de uva. Cada línea se subdivide en tres secciones, lo que permite realizar un análisis detallado de la cadena de valor de ambos productos.

La producción de aceite de lúcuma se lleva cabo durante aproximadamente 8 horas, seguida de la producción de aceite de uva. Este enfoque secuencial maximiza la eficiencia al permitir el uso compartido de las mismas máquinas en ambas líneas, lo que a su vez reduce los costos de inversión en equipos. Los procesos de ambas líneas incluyen etapas similares, que abarcan como el tamizado, molido, secado y extracción de aceite.

Esta estructura de producción no solo optimiza la utilización de maquinarias y recursos, sino que también facilita un análisis de cada etapa del proceso,

Línea de producción de aceite de Lúcuma

Es la línea productiva diseñada para facilitar la extracción eficiente del aceite a partir de las semillas de lúcuma. Esta línea se compone de tres secciones, cada una con un papel crucial en el proceso de obtención del aceite tal como se visualiza en la figura 4.15. a seguir se describe el proceso de producción en cada línea.

- Obtención de semilla de lúcuma pelada. En esta etapa inicial, se utiliza la pepa de lúcuma, que compuesta por la semilla y la cubierta externa conocida como pericarpio. Se lleva cabo un proceso de limpieza para eliminar impurezas y restos no deseado, seguido de la retirada del pericarpio. En procedimiento da como resultado una materia intermedia denominada semilla de lúcuma pelada, que es fundamental para las etapas posteriores de producción.

- Obtención de semilla de lúcuma molida. La materia intermedia obtenida (semilla de lúcuma pelada) se somete a una serie de procesos que incluyen rebanado, secado y molienda. Durante el rebanado, las semillas se cortan en láminas, lo que facilita el secado. En la etapa del secado, se reduce el contenido de humedad de las semillas, lo que es crucial para mejorar la eficiencia de extracción. Finalmente, en la molienda, las semillas se trituran finamente, aumentando su superficie de contacto y optimizando la posterior extracción del aceite.
- Extracción de aceite de lúcuma. En esta última sección, la semilla de lúcuma molida se somete a un proceso de extracción por fluido supercrítico. Este método preserva los compuestos bioactivos, garantizando un producto de alta calidad.

Línea de producción de aceite de Uva

En la línea producción, compuesta por tres etapas claramente delimitadas, como se ilustra en la figura 4.16, nos permite obtener el aceite de la semilla de uva, utilizando como materia prima el orujo. A continuación, se detalla el proceso en cada una de etapas:

- Obtención de semilla de Uva. La materia prima empleada es el orujo de uva, compuesta por cáscara, escobajo, semilla de uva e impurezas. El proceso comienza con el secado para facilitar la eliminación del escobajo y las impurezas. Luego, se realiza un proceso de zarandeo que permite obtener la semilla de uva y separar la cáscara. La cascara se considera un sub producto valioso debido a su contenido de compuestos fenólicos.
- Obtención de semilla de uva molida. La semilla de uva obtenida de la fase anterior es sometida a un proceso molienda y tamizado para alcanzar la granulometría adecuada. Posteriormente, se reduce su humedad en un secador antes de ser traslada a la siguiente etapa.
- Extracción de aceite de uva. La semilla uva molida, con la humedad adecuada, es alimentada al extracto de fluido supercrítico para obtener el aceite de uva que es el producto principal a través de los topes, mientras que por los fondos se obtiene la semilla de uva desgrasada como sub producto.

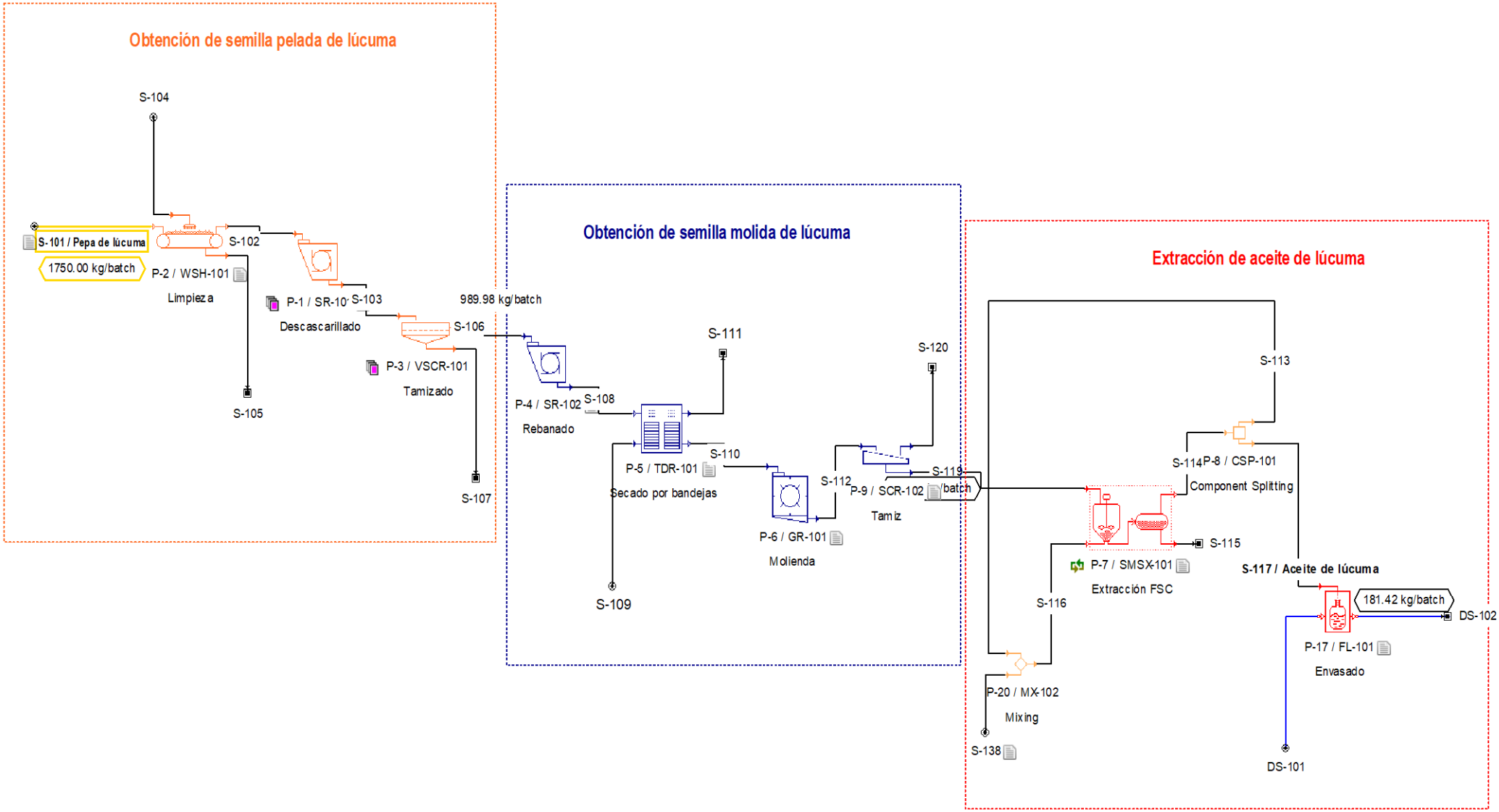


Figura 4. 15 : Línea de producción del aceite de lúcuma
Fuente: Elaboración propia

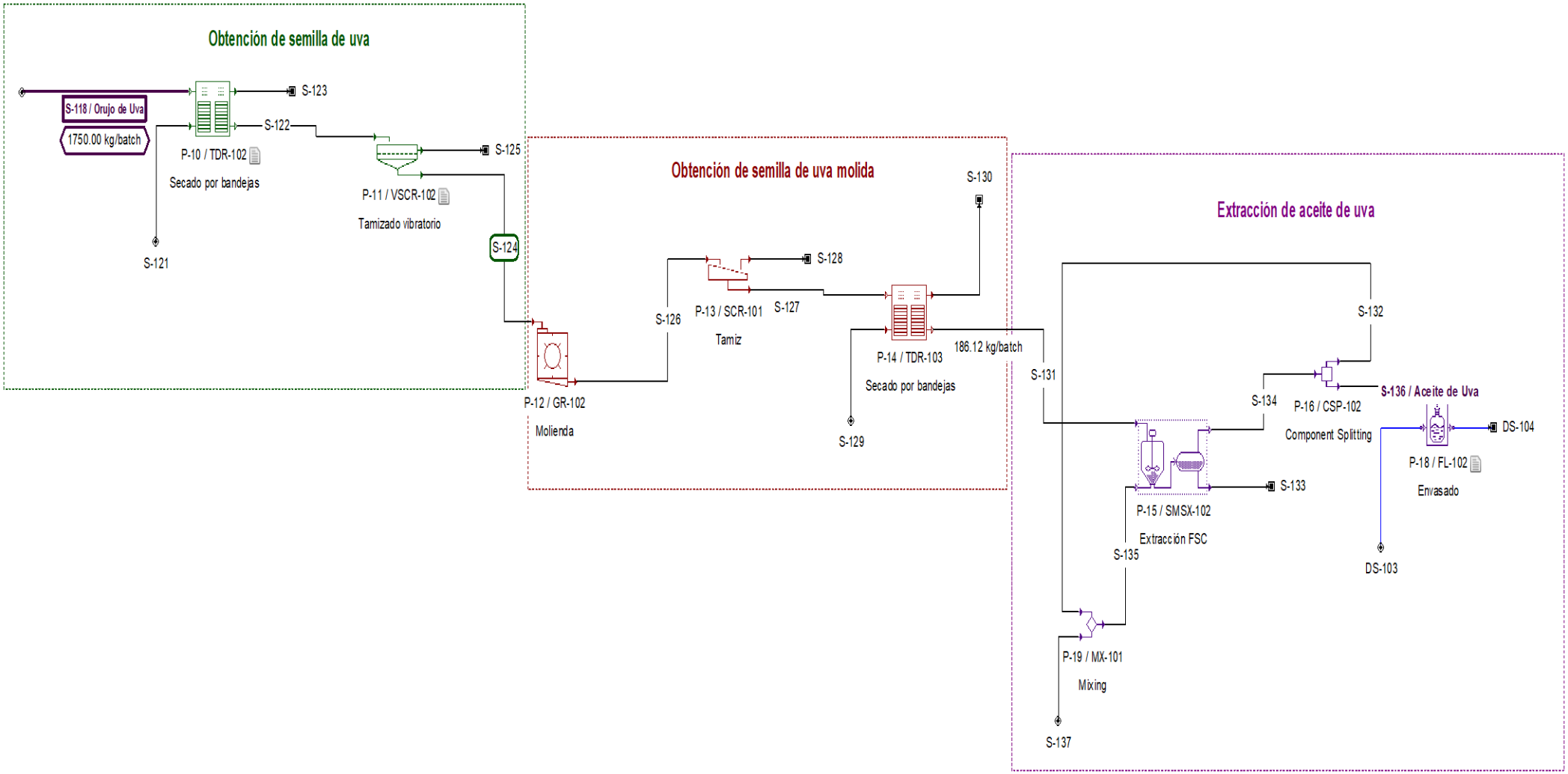


Figura 4. 16 : Línea de producción del aceite de Uva
Fuente: Elaboración propia

En las tablas 4.16 y 4.17 presentan las líneas de entrada y salida de cada proceso para la extracción del aceite de lúcuma y uva respectivamente. En estas tablas, se puede observar no solo el rendimiento en cada etapa, sino también el rendimiento global de toda la operación.

Es relevante señalar que todos los rendimientos se calculan en función del producto principal, que es el aceite de lúcuma. Esto implica que se evalúa la eficiencia de cada etapa y del proceso completo considerando la cantidad de aceite de lúcuma que se produce. Así, se puede comprender mejor como cada fase contribuye el resultado final.

Tabla 4. 16: Requerimientos de materiales y rendimiento por sección en la producción de aceite de lúcuma.

Sección	Material de inicio	Producto activo	Cantidad requerida (kg Material de inicio /Unidad de producto principal)	Rendimiento de masa (%)	Rendimiento bruto de masa (%)
Semilla de lúcuma pelada	S-101	S-106	33.44	56.57	56.57
Semilla de lúcuma molida	S-106	S-112	18.73	38.91	38.91
Extracción de aceite de lúcuma	S-112	DS-102	7.29	13.72	47.52

Nota: S-101: Corriente pepa de lúcuma, S-106: Corriente de semilla de lúcuma pelada S:112: Corriente de semilla de lúcuma molida, DS-102: Corriente de aceite de lúcuma envasada

Fuente: Elaboración propia

Tabla 4. 17:Requerimiento de materiales iniciales y rendimientos por sección en la producción de aceite de uva.

Sección	Material de inicio	Producto activo	Cantidad requerida (kg Material de inicio /Unidad de producto principal)	Rendimiento de masa (%)	Rendimiento bruto de masa (%)
Semilla de Uva sin moler	S-118	S-124	127.55	12.87	12.87
Semilla de Uva molida	S-124	S-131	16.32	82.62	82.62
Extracción de aceite de uva	S-131	DS-104	13.56	6.75	25.48

Nota: S-118: Corriente de orujo de uva, S-124: Corriente de semilla de uva sin moler, S-131: Corriente de semilla de uva molida, DS-104: Corriente de aceite de uva envasada.

Fuente: Elaboración propia

Requerimiento de materiales y energía

En la tabla 4.18 se presentan las materias primas, aditivos y los materiales de procesos necesarios para la obtención del aceite de lúcuma y uva. Esta tabla proporciona información detallada sobre la cantidad de material requerido, desglosada por año y por lote de producción.

Tabla 4. 18:Materiales Utilizados en la Extracción de Aceite Clasificados por Año, Lote y Unidad de Producto Principal

Material	kg/año	kg/batch	kg/Unidad de producto principal
Aire	63 300 816	30 669.000	580.116
Agua	12879334	6239.988	119.988
Dióxido de carbono	19334	9.367	0.177
Orujo de uva	3612000	1750.000	33.102
Ozone	26	0.012	0.000
Pepa de Lúcuma	3612000	1750.000	33.102
Vidrio (Botellas de 1 L)	349272 (137 y 437 unidad)	169.221 (65 und)	3.201

Fuente: Los datos obtenidos del Anexo.3

Además, se incluye una comparación de estas cantidades en relación con la unidad de producto principal, que es el aceite de lúcuma. Esto permite evaluar la eficiencia y el uso de recursos en cada etapa del proceso de extracción, facilitando un análisis de la sostenibilidad y viabilidad de la producción.

En la figura 4.17 se presentan el porcentaje de materiales necesarios para el proceso de extracción del aceite de lúcuma y de uva. En esta ilustración permite visualizar la distribución de los materiales involucrados en la extracción, facilitando la identificación de los componentes más relevantes.
Asimismo, se puede observar la proporción de cada material en relación con el total requerido, lo que facilita la comprensión de la importancia de cada componente en la producción del aceite. Esta información es fundamental para optimizar el uso de recursos y mejorar la eficiencia del proceso de extracción.

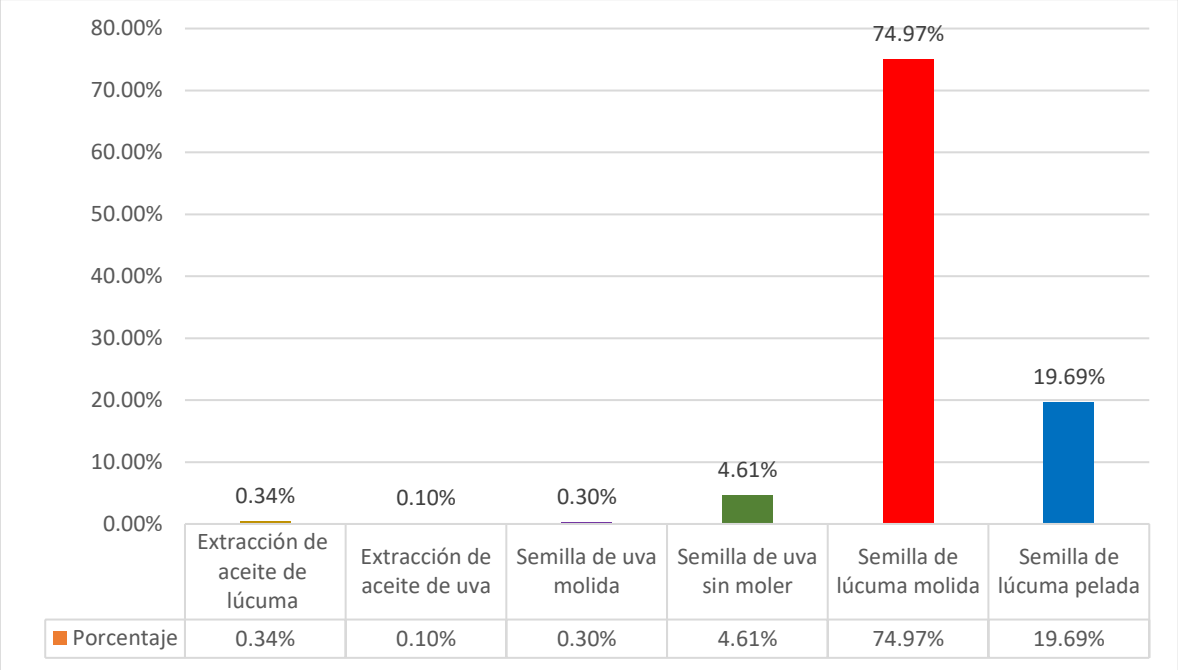


Figura 4. 17: Porcentaje de masa de materiales requeridos por sección

Fuente: la figura fue obtenida del anexo 4

En la figura que antecede se puede observar que casi el 75% del consumo de materiales corresponde a la obtención de la semilla de lúcuma pelada y molida. Este consumo se desglosa en 62 805 456 Kg/año de aire y 12 879 334 Kg/año de agua.

Estos datos sugieren que existe una considerable cantidad de agua utilizada en el proceso, lo que abre una posibilidad de implementar estrategias de reutilización. Al reutilizar el agua, se podría reducir los costos de producción, haciendo el proceso sostenible y económico. Con esta información se puede optimizar recursos.

A continuación, en las tablas 4.19 y 4.20, se detallan los requerimientos de energía y calor, así como el costo anual asociado a cada línea de producción de aceite de lúcuma y uva. También se incluyen el porcentaje de energía y calor en cada sección del proceso de producción.
Este análisis proporciona una visión clara sobre cómo se distribuyen los recursos energéticos en las diferentes etapas de producción.

Tabla 4. 19:Requerimiento de electricidad por sección para cada semilla

Nombre de la sección	**Requerimiento (kW-h/año)**	**% Energía**	**Costo ($/año)**	**% Costo**
Semilla de lúcuma pelada	242362	49.14	24236.23	49.15
Semilla de lúcuma molida	227082	46.04	22708.24	46.05
Extracción de aceite de lúcuma	23788	4.82	2368.76	4.80
Total, lúcuma	493232	100	49313.23	100
Semilla de uva sin moler	3901	5.28	390.08	5.28
Semilla de uva molida	58118	78.63	5811.79	78.63
Extracción de aceite de uva	11894	16.09	1189.38	16.09
Total, uva	73913	100	7391.25	100.00
TOTAL	**567145**		**56704.48**	

Fuente: Los datos obtenidos del Anexo. 4

Tabla 4. 20: Requerimiento de calor y el costo para cada semilla

Nombre de la sección	Requerimiento (Kg/año)	% calor	Costo ($/año)	% Costo
Semilla de lúcuma pelada	0	0	0	0
Semilla de lúcuma molida	1970120	43.80	23641.45	95.85
Extracción de aceite de lúcuma	2560515	56.20	1024.21	4.15
Total-lúcuma	4530635	100	24665.66	100
Semilla de uva sin moler	230461	49.53	2765.53	84.70
Semilla de Uva molida	35006	7.53	420.07	12.87
Extracción de aceite de uva	199811	42.94	79.92	2.43
Total-uva	465278	100	3265.52	100
TOTAL	**4995913**		**27930.66**	

Fuente: Los datos obtenidos del Anexo. 4

De acuerdo con los datos presentados en el Tabla 4.19 se puede concluir que, el pretratamiento de la semilla de lúcuma y de uva, se requiere aproximadamente un 95% y un 84% de energía eléctrica, respectivamente. Este sugiere que la compra o subcontratación del pretratamiento podría ser una opción viable para optimizar recursos.

Además, la información del Tabla 4.20 confirma que el mayor consumo de vapor también se produce durante el pretratamiento de ambas semillas. Este hallazgo resalta la importancia de considerar estos costos energéticos al planificar el proceso de extracción del aceite, ya que un alto consumo de energía puede impactar la viabilidad económica del proyecto.

4.3.5.5. Descripción de Equipos

En el Anexo 5, se presentan un listado detallado de los equipos necesarios para llevar a cabo el proceso de producción de aceite a partir de la semilla de lúcuma

y uva. Para cada equipo, se incluye las características, como capacidad, consumo de energía, dimensiones y el costo.

Además, a continuación, se describe de manera concisa la función de cada equipo:

- **Lavadora:** Este equipo se utiliza para limpiar las semillas de lúcuma, eliminando impurezas y contaminantes antes del procesamiento.
- **Separador por Vibración:** Su función es separar las semillas de uva de las cáscaras y otros residuos, utilizando un sistema vibratorio que permite una clasificación efectiva.
- **Descascarilladora:** Este equipo aplica una fuerza mecánica para separar el pericarpio (cáscara) del endospermo (semilla) de la lúcuma, facilitando así los procesos de corte para facilitar el proceso de corte, secado y extracción.
- **Rebanadora:** Este equipo se utiliza para cortar las semillas de lúcuma en rebanadas o láminas de un grosor preestablecido, asegurando uniformidad en el tamaño para facilitar los procesos posteriores.
- **Secador por bandejas:** Se emplea en el proceso de secado, reduciendo la humedad de las semillas de uva y de lúcuma. Este secado es esencial PARA preparar las semillas antes de ser molidas y alimentadas al extractor para la extracción del aceite.
- **Molino de Martillos:** Este equipo se utiliza para moler las semillas, rompiendo su estructura y aumentado el área de contacto, Esto mejora la eficiencia en el posterior proceso de extracción del aceite.
- **Tamiz:** Se utiliza para clasificar las semillas molidas según su tamaño. Incluye un sistema de recirculación que permite que el material rechazado vuelva a ser molido, optimizando el uso de la materia prima.
- **Equipo de Extracción por Fluido Supercrítico:** Para este proceso a nivel industrial, se presenta la siguiente configuración, según (Ochoa Espinoza, 2017), según se muestra en la figura 4.18:
    - Fuente de CO_2 fresco: Suministrar el dióxido de carbono necesario para la extracción.
    - Tanque pulmón: Almacena el CO2 a presión, asegurando un flujo constante.

- Intercambiador de placas (Enfriador y Condensador): Regula la temperatura del CO2 para su conversión a estado supercrítico y condensa el aceite extraído.
- Bomba de pistón: Aumenta la presión de CO2 para mantenerlo en estado supercrítico.
- Calentador eléctrico (Calentador y Evaporador): Eleva la temperatura del CO2 optimizando la extracción de los compuestos.
- Recipiente de extracción con chaqueta eléctrica: Facilita la extracción del aceite en condiciones controladas.
- Regulador de contrapresión automático: Mantiene la presión optima en el sistema de extracción.
- Separador ciclónico: Separa el aceite extraído del CO2 y residuos, permitiendo la pureza del compuesto extraído.

- **Envasadora para botellas de vidrio:** Este equipo se utiliza para embotellar el aceite obtenido del proceso de extracción, facilitando su almacenamiento y distribución. Asegura un llenado preciso y una adecuada presentación del producto final.

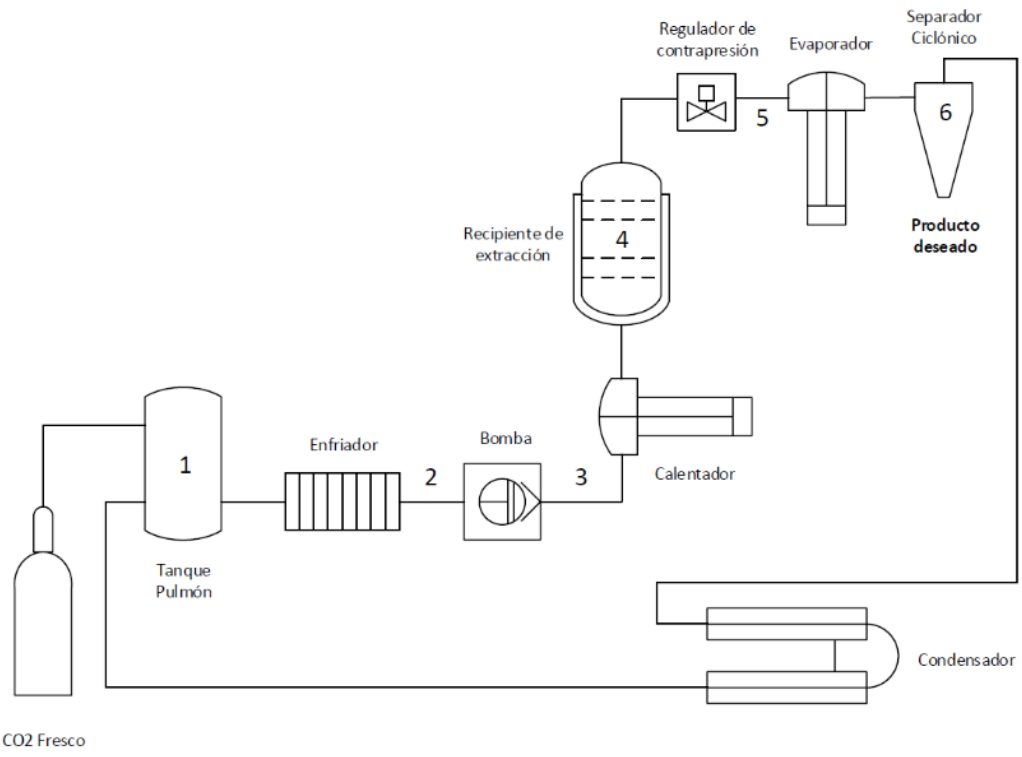


Figura 4. 18 : Sistema de extracción con fluido supercrítico a nivel industrial
Fuente: Adaptado de (Ochoa Espinoza, 2017, pág. 60)

En la tabla 4.21 se presentan los equipos necesarios para las líneas de producción ilustradas en las figuras 4.21 y 4.20. Estas líneas de producción están diseñadas para la obtención de aceite a partir de la semilla de lúcuma y el orujo de uva respectivamente.

En esta tabla se incluyen el código de cada equipo, tal como se muestra en el simulador SuperPro Designer. También se detalla la cantidad de equipos requeridos para cada proceso, así como la capacidad y el material del que están fabricados.

Tabla 4. 21: Equipo requeridos para los procesos de producción de aceite de lúcuma y uva.

Nombre	Tipo	Cantidad	Capacidad	Material de construcción
WSH-101	Lavadora de pepas de lúcuma	1	1,909.09 kg/h	SS304
SR-101	Descascarilladora	6	600 kg/h	SS304
VSCR-101	Tamiz vibratorio (Equipo anexado a la descascarillada)	6	600 kg/h	SS304
SR-102	Rebanadora	1	1,079.98 kg/h	SS304
TDR-101	Secadora por bandejas	1	50 m^2	SS304
GR-101	Molino de martillos	1	458.54 kg/h	SS304
SMSX-101	Extractor FSC	1	150 L (900 l/h)	SS304
TDR-102	Secadora por bandejas	1	56.78 m^2	SS304
VSCR-102	Tamiz vibratorio	1	2,373.40 kg/h	SS304
GR-102	Molino de martillos	1	225.26 kg/h	SS304
SCR-101	Tamiz	1	225.26 kg/h	SS304
TDR-103	Secadora por bandejas	1	9.67 m^2	SS304
SMSX-102	Extractor FSC	1	(150L) 1,485.16 L/h	SS304
FL-101	Envasadora	1	52.34 unidades/h	
FL-102	Envasadora	1	13.72 unidades/h	
SCR-102	Tamiz estacionario	1	385.17 kg/h	SS304

Fuente: Elaboración Propia

En las líneas de producción donde las operaciones unitarias son similares, se utilizará el mismo equipo. Por lo tanto, para los equipos TDR-101, TDR-102 y

TDR-103 se adquirirá un único equipo que cumpla con la capacidad de diseño necesario para el proceso de secado.
Asimismo, para los tamices SCR-101 y SCR-102 se comprará un mismo equipo que satisfaga las condiciones de operativas requeridas. En el caso de las moliendas GR-101, GR-102 se optará por la compra de un solo molino de martillo. Finalmente, para los extractores SMSX-102 y SMSX-101, se adquirirá un único equipo extractor de Fluido Supercrítico.

4.3.5.6. Parámetros de evaluación económica

Para la evaluación económica es esencial determinar la viabilidad y rentabilidad de un proyecto. Para realizar este análisis, es fundamental considerar parámetros como el tiempo de evaluación, que define el horizonte temporal; el financiamiento, que analiza las fuentes de financiamiento; y el nivel de producción, que afecta los ingresos y la carga impositiva.
Además, es importante evaluar los precios de los insumos y productos, así como estimar los costos de capital fijo, mantenimiento y mano de obra. Finalmente, la estimación del capital de trabajo que asegura la operatividad diaria. Estos parámetros nos ofrecen una visión integral para facilitar en la toma de decisiones de manera informada y eficiente.

Tiempo de evaluación

El periodo de análisis para evaluar la viabilidad económica del proyecto de obtención de aceite de lúcuma y uva a partir de la semilla de lúcuma y orujo de uva respectivamente, se detalla en la tabla 4.22. Los parámetros de tiempo y la tasa de descuento se han establecido en función de la tasa de interés que ofrecida por los bancos del Perú a los depositarios en plazos fijos. La cual está entre 6 y 7%. (Montesinos Nolasco, 2023)

Tabla 4. 22 : Datos sobre Tiempo y Tasa de descuento para la Evaluación económica.

Parámetros de tiempo	
Año de análisis	2023
Comienzo de la construcción	2023
Periodo de construcción	30 meses
Periodo de inicio	4 meses
Tiempo de vida del proyecto (incluido tiempo de construcción)	15 años
Tasa de inflación	4 %
Tasa de descuento (Escenarios)	
Bajo	7 %
Medio	9 %
Alto	11 %

Fuente: Elaboración Propia

Financiamiento

Nos referimos al proceso de obtención de recursos financieros para ejecutar un proyecto de inversión. En este caso, se desestima los préstamos del bancarios y se opta por una inversión por etapas para la construcción de la planta. En la tabla 4.23 se detalla el desembolso de capital por año, la duración del proyecto y el porcentaje de rescate.

Tabla 4. 23 : Información sobre Desembolso de Capital y Depreciación

% Desembolso del capital fijo directo (DFC)	
1 año	30 %
2 año	40 %
3 año	30 %
Depreciación	
Periodo	10 años
Valor de rescate	5 %
Método de cálculo	Lineal

Fuente: Elaboración Propia

Nivel de producción e impuesto a la renta

Es posible que algunos años la producción sea menor a lo estimado, y la mayoría de países aplican un impuesto a la renta sobre las utilidades, que el caso del Perú es del 40 %. Para la siguiente simulación, se asume que la producción es constante a lo largo de todos los años.

Precios: Insumos, materia prima, productos

En la tabla 4.24 se presenta la evaluación de los costos asociados a los insumos y materia prima necesarios para la producción. Además, en la tabla 4.25 se muestran los precios de venta de los productos finales y los sub productos generados en el proceso de obtención del aceite partir de la semilla de la lúcuma y orujo de uva. En esta última tabla se consideran tres escenarios posibles para evaluar como varían los ingresos y la rentabilidad en función de los costos y precios tanto del producto principal como de los subproductos.

Tabla 4. 24 : Precios de insumos y materia prima

	Materia prima		Insumos			
Material	Orujo de Uva	Pepa de lúcuma	CO_2	Ozono	Agua	Envase (1lt)
Precio ($/Kg)	0.29	0.29	7.76	0	0.0009	-
Precio ($/und)						5.41

Fuente: Elaboración Propia

Como se puede observar en la tabla anterior, el costo del ozono no se considera, ya que es producido por la máquina del lavado. Este gasto está contemplado en los gastos de utilidades, específicamente en el consumo de energía.

Tabla 4. 25 : Precios de venta de los productos

Material	Pericardio de lúcuma	Semilla molida de lúcuma	Semilla de lúcuma sin aceite	Aceite de lúcuma	Cáscara de uva	Semilla de uva molida	Semilla de uva sin aceite	Aceite de uva
Escenario 1: Pesimista								
Precio ($/Kg)	0.1	1	0.1	14	1	1	0.1	20
Escenario 2: Optimista								
Precio ($/Kg)	0.1	1	0.1	20	1	1	0.1	40
Escenario 3: Solo con venta de aceite de uva y lúcuma								
Precio ($/Kg)	0	0	0	20	0	0	0	40

Fuente: Elaboración Propia

Estimación de costos de capital fijo directo

El simulador ofrece diversas metodologías para la estimación de costos, utilizando principalmente el método factorial de estimación detallada. Este método se basa en el diagrama de flujo y en los costos de los equipos principales de la planta a construir. Los valores de referencia son tomadas de los autores (Sinnott & Towler, 2012) y partir de estos datos se elabora la tabla 4.26 que utilizado como guía para ingresar la información en el simulador Super Pro Designer. Estos valores, ingresados en el simulador, se presentan en el anexo 6.

Tabla 4. 26 : Esquema de estimación de capital fijo

Factores para estimación de capital fijo					
Costos Directos	Factor	Costos indirectos	Factor	Otros costos	Factor
Tuberías	0.35	Ingeniería	0.25	Honorarios del contratista	0.05
Instrumentación y control	0.40	Construcción	0.35	Contingencia	0.10
Aislamiento térmico y pintura	0.03				
Instalaciones eléctricas	0.10				
Coste de Edificios/ Estructuras y edificios	0.45				
Coste de Mejoras del Patio/ Obra Civil	0.15				
Coste de las Instalaciones Auxiliares	0.40				
Instalación	0.5				

Fuente: Elaboración propia

Estimación de costos de mantenimiento

Esta estimación costos de mantenimiento se realiza por tipo de equipo, y en la mayoría de los casos, el costo corresponde a un porcentaje del precio de compra del equipo, generalmente un 6 % (Acevedo , Hernández , Valdés , & Kumar-Khanal , 2015). No obstante, para el equipo de fluido supercrítico se optó por utilizar el costo por hora de uso, lo cual permite una evaluación más precisa, ya que en este proyecto solo se adquiere una máquina de este tipo que opera en dos líneas diferentes. El precio asignado fue de 5 USD/ hora de uso (Núñez & M. del Valle , 2014). La configuración de estos valores en el simulador se presenta en el anexo 7.

Estimación de costos de mano de obra

Para este proyecto, de acuerdo al modelo de proceso y tomando como referencia de las páginas de Indeed y Computrabajo, se establecen los rangos salariales para un operario el cual su sueldo base oscila entre 1 y 3 USD por hora, para un analista de calidad de 1.6 a 4 USD por hora y un supervisor de producción entre 3.7 a 5 USD por hora, (Indeed, 2024). (COMPUTRABO, 2024).
Por lo tanto, a continuación, se detallan en la tabla 4.27 los pagos por hora correspondiente a estos roles dentro del marco del proyecto.

Tabla 4. 27: Costo de mano de obra

Mano de obra	Operario	Analista de calidad	Supervisor de producción
Pago ($/h)	3	4	5

Fuente: Elaboración Propia

Se utiliza una estimación por factores para determinar las partidas de costo, como los beneficios sociales (Sunat, 2024), así como los gastos correspondientes al área administrativa y supervisión (MTPE, 2024), 2024) y el Suministro Operativo (PERUCAMARAS, 2024). Esos factores se exponen en la tabla 4.28.

Tabla 4. 28 : Rango de factores de los beneficios de los trabajadores

Beneficios adicionales	Rango de factores
Beneficios sociales	0.3 - 0.4
Suministros operativos	0.05 - 0.15
Supervisión	0.1 – 0.2
Administración	0.1 – 0.6

Fuente: Elaboración Propia

Se han utilizado los factores más altos para estimar los costos de producción, considerando un escenario de alta complejidad, dado que se está implementando una tecnología novedosa en la industria peruana: la extracción con fluido supercrítico. El Simulador Super Pro designer ofrece tres métodos para estimar estos valores, y el que mejor se ajusta al modelo es la estimación detallada. Los resultados de esta estimación se presentan en el Anexo 8, mientras que en el Anexo 9 contiene la estimación de costos utilizados en el simulador.

Estimación del capital de trabajo

El costo de capital de trabajo se calcula considerando la cobertura de diversos gastos operativos, como los correspondientes a de mano de obra, consumo de materias primas, utilidades, tratamiento de residuos y otros costos asociados. Estos elementos permiten determinar los fondos necesarios para que la planta pueda iniciar sus operaciones.

Para esta estimación, se tomará como base un periodo de 30 días, es decir, un mes. La programación utilizada en el simulador para calcular este capital de trabajo se encuentra detallada en el anexo 10.

4.3.5.7. Reporte de evaluación económica

Este reporte tiene como objetivo detallar los costos de inversión relacionados con el capital fijo, tanto directos como indirectos, capitales de trabajo y capital de inversión total.

Además, nos proporcionara un análisis claro de estos costos, permitiendo evaluar la viabilidad económica del proyecto y tomara decisiones informadas sobre la asignación de recursos y el financiamiento necesario.

Costos de inversión de capital fijo

Los costos mencionados corresponden a la construcción de la planta de extracción de aceite de uva y lúcuma, utilizando el orujo y la semilla de lúcuma como materias primas. Estos valores son estimaciones obtenidas a partir de ciertos factores, como se detallan en la tabla 4.29.

Tabla 4. 29 : Costo de inversión de capital fijo (en USD)

Costo directo total de planta (CDTP)	
1. Costo de compra de equipo	927000
2. Instalación	452000
3. Tuberías de proceso	324000
4. Instrumentación	371000
5. Aislamiento	28000
6. Electricidad	93000
7. Construcciones e instalaciones	417000
8. Acondicionamiento	139000
9. Instalaciones auxiliares	371000
CDTP	**3121000**
Costos Indirectos total de la planta (CITP)	
10. Ingeniería	780000
11. Construcción	1092000

CITP	1873000
Costo total de la Planta (CTP= CDTP +CITP)	
CTP	**4993000**
Honorarios y contingencias del contratista (HCC)	
12. Honorarios contratista	250000
13. Contingencias	499000
HCC=12+13	**749000**
Costo directo de capital fijo (CCF=CTP+HCC)	
CCF	**5742000**

Fuente: Los datos obtenidos del Anexo. 11

Se planea realizar esta inversión en periodo de 3 años. En el primer se desembolsará el 30 % de la inversión total, en el segundo año un 40 %, y en el tercer año el 30 % restante. En este esquema permite que el dinero no se entregue al contratista en un solo pago, sino en etapas.

Costos de producción

Los costos de producción incluyen los gastos en materiales, mano de obra, servicios energéticos y mantenimiento. Estos datos permiten calcular el costo total para producir una unidad del producto final.

Costos de mano de obra

Para el proceso de producción de cada lote, se considera la contratación de un operario, un supervisor y analista de calidad. En estos costos incluyen los beneficios sociales correspondientes. Los detalles de estos costos se presentan en la tabla 4.30.

Tabla 4. 30 :Costo de mano de obra

Tipo de trabajo	Costo unitario ($/H)	Horas anuales (H)	Costo anual ($)	Porcentaje (%)
Operador	6.90	51385	354558	62.32
Supervisor	10.50	11373	119415	20.99
Analista	6.90	13760	94944	16.69
TOTAL		76518	568917	100.00

Fuente: Los datos obtenidos del Anexo. 11

Costos de materiales

En este segmento detalla todos los materiales necesarios para la extracción del aceite de lúcuma y de uva. Además, se incluyen los materiales empleados para el envasado para cada tipo de aceite. En la tabla 4.31 se presenta el costo anual de cada material y el porcentaje que representa en el costo total de producción, permitiendo una visión clara de su impacto en el proceso productivo.

Tabla 4. 31: Costo de materiales

Materiales	Costo unitario ($)	Cantidad de anuales (kg)	Costo anual ($)	Porcentaje (%)
Aire	0.000	63300.816	0	0.00
CO_2	7.760	19319	149916	5.87
Orujo de Uva	0.290	3612000	1047480	41.03
0zono	0.000	26	0	0.00
Semilla de lúcuma	0.290	3612000	1048564	41.07
agua	0.001	12879334	12544	0.49
Material de vidrio	Costo unitario ($/referencia)	Monto anual (referencia)	Costo anual ($)	Porcentaje
Uva-250 ml	0.540	432105	233337	9.14
Lúcuma-250ml	0.540	113278	61170	2.40
TOTAL			**2553011**	**100.00**

Fuente: Los datos obtenidos del Anexo. 11

Costo de energía

En esta se detallan los gastos de energía, que provienen de tres fuentes principales: La energía eléctrica, energía calorífica equivalente al uso de vapor de agua y por último el agente refrigerante que equivale al uso de agua fría. En la tabla 4.32 se presenta el costo asociado a cada fuente de energía y el porcentaje que cada una representa dentro del proceso de producción.

Tabla 4. 32 : Costo de energía

Fuente de energía	Costo unitario ($)	Cantidad (anual)	Unidades	Costo anual ($)	porcentaje
Electricidad	0.100	567145	kW-h	56714	67.00
Vapor de agua	12.000	2236	Tm	26827	31.69
Agua de enfriamiento	0.400	2760	Tm	1104	1.30
Total				84646	100.00

Fuente: Los datos obtenidos del Anexo. 11

Costos de mantenimiento

Según los estudios de mantenimiento para los procesos de extracción, los costos suelen oscilar en un rango de 5 a15 % del costo operativo total. En nuestro caso, hemos estimado un costo de 5%, situándonos en el margen mínimo. Esta estimación se debe a que el mantenimiento no será tercerizado, sino realizado internamente por nuestro equipo, aprovechando nuestra experiencia y conocimientos en la tecnología implantada. Aunque nuestra tecnología es novedosa, lo que podría implicar costos elevados en manos de terceros, nuestra estrategia se basa en gastar únicamente en los materiales para las reparaciones, lo que optimiza los recursos y asegura un mantenimiento eficiente y controlado. y solo se gastará en materiales, como la tecnología es novedosa nos cobrarían altos costos. En la tabla 4.33 se presenta el mantenimiento de la producción por lote y anual.

Tabla 4. 33 : Costo de mantenimiento

Item de costo	$/ lote	$/ año
Mantenimiento	54	110858

Fuente: Los datos obtenidos del Anexo. 11

Costos de producción

En esta planta de obtención de aceite de lúcuma y uva, se generan varios subproductos que pueden comercializados debido a los componentes activos que contienen, las cuales pueden ser utilizados en la industria alimentaria y farmacéutica. Para la simulación del proceso de producción en el simulador Super Pro designer, se consideró al aceite de lúcuma como producto principal. En la tabla 4.34 se presenta el costo de producción del producto principal como de sus derivados, expresado en dólares por kilogramo.

Tabla 4. 34 : Costo de producción del producto principal y los subproductos

Producto	Precio unitario ($/kg)
Producto principal	
Aceite de semilla de lúcuma	19.21
Sub – productos	
Semilla de lúcuma pelada	0.58
Pericardio de semilla de lúcuma	0.76
Semilla de lúcuma molida	1.81
Semilla de lúcuma molida sin aceite	2.75
Semilla de uva	2.41
Cáscara de uva	0.38
Semilla de uva pelada	3.13
Aceite de semilla de uva	99.50
Semilla de uva molida sin aceite	4.47

Fuente: Elaboración Propia

Análisis de rentabilidad y flujo de caja

En la tabla 4.35 se presenta los resultados el reporte de la evaluación económica generado mediante el simulador Simulador Super Pro designer, proporcionando un análisis detallado de la rentabilidad y el flujo de caja.

Tabla 4. 35 : Resumen ejecutivo del proyecto donde hay estudios de rentabilidad.

Resumen ejecutivo (2023)	
Capital de inversión total ($)	6 361000
costo operativo anual ($/año)	3 761 000
venta anual del producto principal (aceite de semilla de lúcuma) ($/año)	2 161 000
Venta anual de productos secundarios de la lúcuma ($/año)	234 563
Venta anual del aceite uva ($/año)	1 132 776
Venta anual de productos secundarios de la uva ($/año)	3 136 156
Venta total de productos y sub productos ($/año)	6 664495
Producción por batch del producto principal (unidades/batch)	209.35
Tasa de producción anual (Unidades de 0.250 L de aceite de semilla de lúcuma/año)	432 105
Promedio de costo unitario de producción: Costos totales de producción por batch/ unidad de aceite de semilla de lúcuma producido ($/ envase de litro de lúcuma)	7.68
Promedio de precio de venta: Venta total por batch/ cantidad producida de aceite de semilla de lúcuma ($/envase de 0.250 de lúcuma)	15.23
Margen de ganancia (%)	31.62

Retorno de inversión (%)	23.04
Tiempo de recuperación de capital (años)	4.34
TIR (%)	15.23
VAN (A 7% de la tasa de descuento) ($)	4 123 000

Fuente: Los datos obtenidos del Anexo. 11

De acuerdo a los datos mostrados en el Tabla 4.34 el proyecto de producción de aceite a partir de la semilla de lúcuma y del orujo de uva es económicamente viable y rentable, respaldado por indicadores financieros positivos como un Valor Actual Neto (VAN) de $4123000 y un margen de ganancia del 31.62%. Aunque el Retorno de Inversión (ROI) del 23.04% y el Tiempo de Recuperación del Capital de 4.34 años son razonables, estos resultados podrían optimizarse para aumentar la competitividad del proyecto.

Los ingresos totales de $6 664495 anuales destacan la importancia de los productos secundarios, que complementan significativamente las ventas del producto principal. Este factor contribuye a diversificar las fuentes de ingreso, reduciendo el riesgo financiero y mejorando la estabilidad económica del proyecto.

La producción eficiente, con un costo unitario de $7.68 por envase y un precio de venta promedio de $15.23, garantiza un flujo de caja positivo, permitiendo cubrir los costos operativos y generar beneficios. Sin embargo, el bajo margen de mejora en indicadores como la TIR del 15.23% sugiere que existe espacio para optimizar procesos y estrategias de mercado.

En resumen, el proyecto es financieramente factible y sostenible, con un modelo diversificado de ingresos y un desempeño sólido, aunque con áreas identificables para incrementar la rentabilidad y eficiencia a largo plazo.

Indicadores de rentabilidad según la variación de precios de venta

Tomando como referencia los datos de la tabla 4.24, se presentan a continuación los indicadores de rentabilidad correspondiente a los tres escenarios indicados. Los resultados obtenidos se muestran en la tabla 4.36.

Tabla 4. 36 : Resumen ejecutivo del proyecto en diferentes escenarios

Resumen ejecutivo	Escenario 1 Pesimista	Escenario 2 Optimista	Escenario 3 Sin venta de sub productos
Capital de inversión total ($)	6 361 000	6 361 000	6 361 000
costo operativo anual ($/año)	4 449 000	4 449 000	4 449 000
venta anual del producto principal (aceite de semilla de lúcuma) ($/año)	1 512 369	2 161 000	2 161000
Venta anual de productos secundarios de la lúcuma ($/año)	234 563	234 563	-
Venta anual del aceite uva ($/año)	566 388	1 132 776	1 132 776
Venta anual de productos secundarios de la uva ($/añol)	3 136 156	3 136 156	-
Venta total de productos y sub productos ($/año)	5 449 476	6 664 495	3 293 776
Producción por batch del producto principal (uni/batch)	239	239	239
Producción por batch del producto uva (uni/batch)	54	54	54
Tasa de producción anual (Unidades de 0.250 L de aceite de semilla de lúcuma/año)	432 105	432 105	432 105
Tasa de producción anual (Unidades de 0.250 L de	113 278	113 278	113 278

aceite de semilla de uva/año)			
Promedio de costo unitario de producción: Costos totales de producción por batch/ unidad de aceite de semilla de lúcuma producido ($/ envase de 0.250 litros de lúcuma)	10.41	10.41	7.68
Promedio de precio de venta: Venta total por batch/ cantidad producida de aceite de semilla de lúcuma ($/envase de 0.250 litro de lúcuma)	12.61	15.23	7.62
Margen de ganancia (%)	16.14	31.62	-36.60
Retorno de inversión (%)	9.59	23.04	-
Tiempo de recuperación de capital (años)	10.43	4.34	-
TIR (%)	2.89	15.23	-
VAN (A 7% de la tasa de descuento) ($)	-1 174 000	4 123 000	-14 617 000

Fuente: Los datos obtenidos del Anexo.11,12 y 13

El Escenario 3 considera únicamente los ingresos provenientes de la venta de aceite de uva y lúcuma, mientras que en los otros escenarios se incluyen también las ventas de subproductos. Esto evidencia que, para que esta planta sea rentable, es imprescindible comercializar los subproductos.

Esta conclusión se sustenta en que, al comparar los costos de producción (ver el Tabla 4.33), el costo de producir el aceite de uva y de lúcuma está casi al mismo nivel que su precio de venta. Como resultado, los ingresos no son suficientes para cubrir los costos operativos ni recuperar la inversión. Por lo

tanto, la venta de subproductos juega un papel crucial en garantizar la sostenibilidad económica del proyecto.

Finalmente, el escenario 2 (Optimista) es la mejor opción, ya que maximiza los ingresos totales al incluir la venta de subproductos, garantiza un retorno rápido de la inversión y genera mayores beneficios financieros para el proyecto.

4.4 Indicadores ambientales

Los indicadores ambientales son herramientas fundamentales para evaluar y gestionar el impacto ambiental de un proceso o sistema. Estos se obtienen a partir de los balances de masa, considerando principalmente el enfoque basado en los residuos generados.

El software Super Pro Designer facilita el cálculo eficiente y detallado de estos indicadores a través de sus reportes de impacto ambiental, que permiten una evaluación más y estructurada.

En la tabla 4.37, se presenta un resumen de los principales parámetros de impacto ambiental asociado al proceso de extracción del aceite de la semilla de lúcuma y del orujo de la uva con fluido supercrítico.

Tabla 4. 37: Resumen de indicadores ambientales

Factor	Fórmula	Valor
Factor E	$E = \frac{masa\ residuos}{masa\ producto\ final}$	2.07
Eficiencia Atómica	$AE = \frac{\sum \bar{M}_{producto\ final}}{\sum \bar{M}_{total\ producido}}$	0.85
Rendimiento de masa efectivo	$MI = \frac{masa\ total\ usada}{masa\ producto\ final}$ $MI = E + 1$	3.07
Productividad de masa	$MP = {}^{1}/_{MI}$	0.325

Fuente: Los datos obtenidos del Anexo.14

Los indicadores ambientales muestran que el impacto ambiental es regular. Un valor bueno del factor E es que tienda a 0, en este caso es de 2.07. En este sentido los residuos aún no se reutilizan o reciclan. La eficiencia atómica debe estar cercano a 1, eso implica que los productos no contienen a los insumos que ingresan al proceso, esto indicador nos muestra que aún falta más tecnología para lograr que este proceso incorpore todos los insumos al producto o se puedan comercializar todos los residuos del proceso. El rendimiento de masa efectiva está en 3.07 esto implica que por 3.07 Kg de masa total usada solo 1 Kg es la cantidad de producto, el resto es residuo y la productividad de la masa está en 0.325, eso implica que solo un 32.5% de la masa total es transformada en producto. Lo cual, analizando en las corrientes, podemos notar que el proceso que genera residuos es la limpieza de la pepa de lúcuma, ésta genera gran cantidad de efluentes de agua sucia, por lo cual se tiene que realizar un servicio de tratamiento de agua para reciclar. El gasto que genera anualmente es 12,544 dólares anualmente (ver en el reporte de costos al detalle, apartado 4.1.2) con esto se puede adquirir una planta para tratar esta agua para reusar el agua y se ahorra en gastos.

CONCLUSIONES

- A presiones menores a 300 atm una disminución de temperatura de 77.55°C a 49.5°C y 55°C a 35°C produce un incremento en el rendimiento de extracción de aceite de lúcuma entre 1.4592% a 2.2755% y 0.5691% a 1.5112% en cada caso, por lo que es conveniente trabajar en este rango de presiones a baja temperatura y a bajas y altas temperaturas (35°C y 55°C) un aumento en presión muestra un incremento en el rendimiento de extracción y el mayor rendimiento de aceite de lúcuma se obtuvo a 312 atm de presión y 45°C, siendo el porcentaje obtenido de 2.8355 %.
- La planta propuesta es versátil para la producción de otros tipos de aceite, esto se observa porque puede obtenerse con las mismas máquinas aceite de uva y aceite de lúcuma, esto se puede extrapolar a otros tipos de materia prima.
- La planta de obtención de aceite de lúcuma y uva solo resulta rentable cuando se venden todos los sub productos, ya que el rendimiento de los aceites es bajo y no cubre los costos operativos.
- El sub producto que permite que la planta sea rentable es la cáscara de uva y el pericardio de la lúcuma, puesto que el margen de ganancia unitario por la venta de estos productos es de 63 y 28 % todos los demás productos generan pérdidas a los precios que se ofrecen, lo cual debe plantearse una estrategia de marketing para aumenta el precio de venta de los demás productos o sino mejorar la tecnología para bajar costos de operación.

- En los tres escenarios donde solo se cobra por el aceite de uva y lúcuma, mientras que los otros escenarios se venden los sub-productos. Esto nos indica que es para esta planta es necesario vender los sub productos para que sea rentable.
- Los indicadores ambientales muestran que el impacto ambiental es regular. Un valor bueno del factor E es que tienda a 0, en este caso es de 2.07. En este sentido los residuos aún no se reutilizan o reciclan.
- La eficiencia atómica debe estar cercano a 1, eso implica que los productos no contienen a los insumos que ingresan al proceso, esto indicador nos muestra que aún falta más tecnología para lograr que este proceso incorpore todos los insumos al producto o se puedan comercializar todos los residuos del proceso. El rendimiento de masa efectiva está en 3.07 esto implica que por 3.07 Kg de masa total usada solo 1 Kg es la cantidad de producto, el resto es residuo y la productividad de la masa está en 0.325, eso implica que solo un 32.5% de la masa total es transformada en producto.
- El gasto que genera anualmente es 12,544 dólares anualmente (ver en el reporte de costos al detalle, apartado 4.1.2) con esto se puede adquirir una planta para tratar esta agua para reusar el agua y se ahorra en gastos.

RECOMENDACIONES

- Lo cual, analizando en las corrientes, podemos notar que el proceso que genera residuos es la limpieza de la pepa de lúcuma, ésta genera gran cantidad de efluentes de agua sucia, por lo cual se tiene que realizar un servicio de tratamiento de agua para reciclar
- Esto se justifica ya que comparado con los costos de producción el costo de producción de la uva y el aceite están casi al mismo precio de venta, por ende, no hay un ingreso suficiente para devolver la inversión y los costos operativos. He allí importancia de vender los sub productos.
- La sección que consume más materiales es la obtención de la semilla de lúcuma pelada y molida. En especial se consume aire (62 805 456 Kg/año) y agua (12 879 334 Kg/año) los procesos involucrados son el de secado y limpieza, en estos procesos se pueden desarrollar un proyecto de mejora para una siguiente investigación.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Bibliografía

Alonso, J., Domínguez, H., Garrote, G., González-M, M., Gullón, B., Moure, A., . . . Yáñez, R. (2011). Procesos de biorrefinería para la valorización integral de residuos agroindustriales y forestales. *CyTA - Journal of Food*, 282-289. doi: 10.1080 / 19476337.2011.598949

Alvarez, E., Chumpitas, G., & Huayta, F. (2020). Recovery and characterization of Lucuma seed starch (Pouteria lucuma) with potential industrial application. *Laccei*, 6-10. Obtenido de http://dx.doi.org/10.18687/LACCEI2020.1.1.587

Alvarez, E., Vietti, F., Napan , L., Cueva, R., & Huayta, F. (2019). Recovery of phenolic compounds from grape residues from the production of pisco quebranta. *Laccei*, 1-6. Obtenido de http://dx.doi.org/10.18687/LACCEI2019.1.1.206

Anastas, J. C., & Warner, P. C. (1991). *Green Chemistry: Theory and Practice.* Oxford University Press.

Aque fundacion . (2020). *Aque fundacion* . Obtenido de Aque fundacion : https://www.fundacionaquae.org/que-es-biomasa/?gclid=EAIaIQobChMI9cWu-JOU9AIVChGRCh3rqQ-gEAMYASAAEgKxgfD_BwE

Attard, T., Mcelroy, C., & Hunt, A. (2015). Economic Assessment of Supercritical CO2 Extraction of Waxes as Part of a Maize Stover Biorefinery. *International Journal of Molecular Sciences*, 17546-17564. doi:10.3390/ijms160817546

Bail , S., Stuebiger, G., Krist , S., Unterweger , H., & Buchbauer, G. (2008). Characterisation of various grape seed oils by volatile compounds,

triacylglycerol composition, total phenols and antioxidant capacity. *Food Chem*, 1122-1132. doi:10.1016/j.foodchem.2007.11.063

Belwal, T., Chemat , F., Venskutonis , P., Cravotto , G., Jaishwal , D., & Bhatt, D. (2020). Recent advances in scaling-up of non-conventional extraction techniques: Learning from successes and failures. (ELSEVIER, Ed.) *TrAC, Trends Anal, 127*. doi:https://doi.org/10.1016/j.trac.2020.115895

Belwal, T., Chemat, F., Rimantas, P., Cravotto, G., Krumar, D., Indra, D., . . . Luo, Z. (2020). Recent advances in scaling-up of non-conventional extraction techniques: Learning from successes and failures. *TrAC Trends in Analytical Chemistry*. doi:https://doi.org/10.1016/j.trac.2020.115895

Boessio, B., & Portella, M. (2009). Docencia Universitaria: formación y aprendizaje en el posgrado en educación. *Revista de la Educación Superior, XXXVIII (3)*(151), 163-170.

Brazinha, C., & Crespo, J. (2010). Membrane processing: Natural antioxidants from winemaking by-products. *Filtration & Separation*, 32-35. Obtenido de https://doi.org/10.1016/S0015-1882(10)70079-3

Budisa, N., & Makuch, D. (2014). Supercritical Carbon Dioxide and Its Potential as a Life-Sustaining Solvent in a Planetary Environment. *MDPI journals*, 331-340. doi:doi.org/10.3390/life4030331

Bunge, M. (2015). *Filosofia de la Tecnologia y otros Ensayos .* Lima: Fondo Editorial de la UICV.

Bustamante, M., Moral, C., Paredes, A., Perez, J., Espinosa, J., Moreno , J., & Perez, A. (2008). Agrochemical characterisation of the solid by-products and residues from the winery and distillery industry. *Waste Management*, 372-380. doi:10.1016/j.wasman.2007.01.013

Cantao , L., Rodrigues , J., Caladas da Costa, A., Figueiredo, F., Holanda, R., & Nunes de Carvalho, R. (2021). From waste to sustainable industry: How can agro-industrial wastes help in the development of new products? *Resources, Conservation & Recycling*. doi:https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2021.105466

Chemat, F., Abert-Vian, M., Fabiano-Tixier, A., Strube, J., Uhlenbrock, L., Gunjevic, V., & Cravotto, G. (2019). Green extraction of natural products.

Origins, current status, and future challenges. *TrAC Trends in Analytical Chemistry*, 248-263. doi:https://doi.org/10.1016/j.trac.2019.05.037

CODEX STAN 305R. (2011). *Norma Regional para la Lúcuma.*

Curzons, A., Constable, D., Mortimera , D., Cunninghamb , V., a, a., & b, b. (2001). So you think your process is green, how do you know?—Using principles of sustainability to determine what is green–a corporate perspective. *Green Chemistry*, 1-6. doi:10.1039/B007871I

Dacal, A., Lira, L., Stragevitch, L., & Danielski, L. (2016). Extraction of Acrocomia intumescens Drude oil with supercritical carbon dioxide: Process modeling and comparison with organic solvent extractions. *The Journal of Supercritical Fluids*, 1-7. doi:https://doi.org/10.1016/j.supflu.2016.01.013

De Melo, M., Silvestre , A., & Silva, C. (2014). Supercritical fluid extraction of vegetable matrices: applications, trends and future perspectives of a convincing green technology. *The Journal of Supercritical Fluids*, 2-159. doi:http://dx.doi.org/doi:10.1016/j.supflu.2014.04.007

Del Castillo, A. (2006). *Estudio técnico de la producción de la harina de Lúcuma en la sierra de Piura. Universidad de Piura.*

Drago , M., López , M., & Sainz, T. (octubre-diciembre de 2006). Componentes bioactivos de alimentos funcionales de origen vegetal. *Revista Mexicana de Ciencias Farmacéuticas, 37*(4), 58-68. Obtenido de https://www.redalyc.org/pdf/579/57937408.pdf

FAO. (2011). *Despilfarro de alimentos: datos y cifras clave.* Obtenido de https://www.fao.org/news/story/es/item/196450/icode/

FDA. (2019). *Food and Drug Administration. Generally Recognized as Safe (GRAS).* Obtenido de https://www.fda.gov/food/food-ingredients-packaging/generally-recognized-saf e-gras

Fernández, G. (2007). *EXTRACCIÓN, ANÁLISIS, ESTABILIDAD Y SÍNTESIS DE.* Tesis doctoral , Cadiz. Obtenido de https://rodin.uca.es/bitstream/handle/10498/14969/2007.%20Tesis%20publicada%20%28gfernandezbarbero%29.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Figmay. (2021). *Figmay*. Obtenido de Figamay: https://figmay.com/extractor-soxhlet/

Galanakis, C. (2012). Recovery of high added-value components from food wastes: Conventional, emerging technologies and Commercialized applications. *Trends in Food Science & Technology, 26*, 68-87. doi:10.1016/j.tifs.2012.03.003

Gallopin, G. (2003). *Sostenibilidad y desarrollo sostenible: Un enfoque sistemico.* Santiago de Chile: CEPAL. Obtenido de https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/5763/S033120_es.pdf?sequence=1

Garcia, I., Avila, G., Birrichaga, N., & Cano , S. (2015). Evaluación del factor de aceptabilidad ambiental como criterio de idoneidad en las prácticas de Química OrgánicaEnvironmental acceptability factor assessment as suitability criteria in organic chemistry experiments. *Educación Química*, 52-56. Obtenido de https://doi.org/10.1016/S0187-893X(15)72099-9

Gennari , A., & Estrella, J. (2015). *Análisis del mercado del vino en países de Latinoamérica Peru.* Obtenido de https://www.tb.camcom.gov.it/uploads/CCIAA/Corsi/Atti/2015_06_23/Market_Analysis_Peru.pdf

Gil, A. P. (2013). *Recuperacao de compostos bioactivos a partir de residuos da industria vitivinicola.* Brasil: Tesis de doctorado, Universidade Federal do Rio de Janeiro.

Gonzáles , L., & Valea, A. (2009). El compromiso de enseñar química con criterios de sostenibilidad: la química verde. *Revista Educación Química.*, 48-52. Obtenido de https://raco.cat/index.php/EduQ/article/view/49288/266484

GreenFacts. (30 de 07 de 2020). *GreenFacts*. Obtenido de GreenFacts: https://www.greenfacts.org/es/glosario/def/dioxido-carbono-supercritico.htm

GRN. (2020). *Gestion Recursos Naturales*. Obtenido de GRN: https://www.grn.cl/impacto-ambiental.html

Guan, W., Li, S., Yan, R., Tang, S., & Quan , C. (2007). Comparison of essential oils of clove buds extracted with supercritical carbon dioxide and other three traditional extraction methods. *Food Chemistry*, 1558-1564. doi:https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2006.04.009

Guerrero, P. A. (2018). *ESTUDIO FITOQUÍMICO DEL ACEITE Y DEL EXTRACTO METANÓLICO HIDROFÍLICO DE LAS SEMILLAS DE LÚCUMA (Pouteria lucuma) PROCEDENTES DE CHILCA, CAÑETE.* Tesis de maestria PUCP.

Guerrero, P., Reyes, S., Robles, J., Simirgiotis, M., Sepulveda, B., Fernandez , R., & Areche, C. (2019). Biological activity and chemical characterization of Pouteria lucuma seeds: A possible use of an agricultural waste. *Waste Management*, 319-327. Retrieved from https://doi.org/10.1016/j.wasman.2019.03.055

Hassima, N., Markoma, M., & Roslia, M. (2019). Scale-up criteria and economic analysis for supercritical fluid extraction of Phyllanthus niruri. *Chemical Engineering & Processing: Process Intensification*, 14-22. doi:10.1016/j.cep.2019.03.011

Hernadez, A., Real, N., Delgado, M., Bautista, L., Velasco, J., & Velasco. (2016, Agosto). *Residuos agroindustriales con potencial de compostaje.* Retrieved from AGRO PRODUCTIVIDAD: https://revista-agroproductividad.org/index.php/agroproductividad/article/view/795/660

Hernández , H., Pintado, C., Rotger , R., & Goñi, I. (2009). Stimulatory role of grape pomace polyphenols on Lactobacillus acidophilus growth. *International Journal of Food Microbiology*, 119-122. doi:10.1016/j.ijfoodmicro.2009.09.016

Huayta, F. (1996). *Remocao de Colesterol e Fracionamento de Öleo de Manteiga com Etano Supercrítico.* Sao pablo: Tesis de Mestria, Universidad Estadual de Capinas.

Indecopi. (2015). *Comision Nacional contra la Biopirateria- Luma.* Lima: Indecopi. Obtenido de https://www.indecopi.gob.pe/documents/20791/202940/08.-Boletin_N8_LUCUMA.pdf/680d0eb2-a793-4e5f-a96a-9e433e52852d

Inei. (2017). Inei-Manufactura. Obtenido de https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones_digitales/Est/Lib1483/cap16/cap16.pdf

Intelligen, Inc. (19 de 05 de 2011). SuperPro Designer User Guide. Scotch Plains, NJ, USA. Obtenido de Intelligen, Inc.

Jardón Sánchez, C. C. (04 de febrero de 2020). *Tecnosoluciones*. Obtenido de Tecnosoluciones: https://tecnosolucionescr.net/blog/165-compuestos-bioactivos-en-los-alimentos

Khan, M., Vian, M., Tixier, A., Dangles, O., & Chemat , F. (2011). Ultrasound-assisted extraction of polyphenols (flavanone glycosides) from orange (Citrus sinensis L.) peel. *Food Chemistry*, 851-858. doi:https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2009.08.046

León Carrasco, J. C. (03 de marzo de 2022). *Producción nacional de lúcuma alcanzó las 12.215 toneladas en 2020*. Recuperado el 28 de noviembre de 2023, de Agraria.pe: https://agraria.pe/noticias/produccion-nacional-de-lucuma-alcanzo-las-12-215-toneladas-e-27163

Liscano, S., Davila, J., & Hertnandez, V. (2019). 5 - Fruit Agroindustrial Wastes for Preparing Beverages for Medicinal Purposes by Supercritical Fluid Extraction Technology: Andes Berry (Rubus glaucus benth) Case. *Production and Management of Beverages*, 151-177. doi:https://doi.org/10.1016/B978-0-12-815260-7.00005-5

Londoño, J. (2011). *Aprovechamiento de residuos de la agroindustria de cítricos: extracción y caracterización de flavonoides.* Editorial Lasallista .

Lopez, L. (2003). Caracterizacao de dos productos da vinificacao. *Millenium - Revista ISPV*, 123-133.

Luchessi, M., Chemat, F., & Smadja, J. (2004). Solvent-free microwave extraction of essential oil from aromatic herbs: comparison with conventional hydro-distillation. *Journal of Chromatography A*, 323-327. doi:https://doi.org/10.1016/j.chroma.2004.05.083

Maletta, H. (2015). *Hacer Ciencia. Teoría y Práctica de la Producción Científica.* Lima: FONDO EDITORIAL DE LA UNIVERSIDAD DEL PACÍFICO.

Malpartida , R., Chagua , P., Echevarría , J., Adama , J., Adama , J., & Adama,, J. (2021). Lúcuma (Pouteria lúcuma): Potencial bioactivo y agroindustrial del valle interandino peruano. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 1251-1256. doi:https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v5i2.326

Máxima Uriarte, J. (06 de Marzo de 2020). *caracteristicas*. Obtenido de https://www.caracteristicas.co/posmodernismo/

Meza, J. (2019). *Diseño de planta para la extracción supercrítica de aceite de semillas de uva de residuos vitivinícolas.* Lima: Repositorio UNI. Obtenido de http://cybertesis.uni.edu.pe/handle/uni/19768

Minagre. (2021). *Analisis de Mercado Lucuma 2021.* Lima: U N I D A D D E I N T E L I G E N C I A C O M E R C I A L. Obtenido de https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/2801081/AN%C3%81LISIS%20DE%20MERCADO%20L%C3%9ACUMA%202021.pdf.pdf

Minagre. (2022). Perfil productivo y competitivo de los principales cultivos del sector. Obtenido de https://app.powerbi.com/view?r=eyJrIjoiNDljNzdiOGYtYmYzZi00YjNhLTg0YWItNDA3OGY5YzkxNjg2IiwidCI6IjdmMDg0NjI3LTdmNDAtNDg3OS04OTE3LTk0Yjg2ZmQzNWYz

Moncada , J., Tamayo , J., & Cardonaa, C. (2014). Techno-economic and environmental assessment of essential oil extraction from Citronella (Cymbopogon winteriana) and LemongrassCymbopogon citrus): A Colombian case to evaluate different extraction technologies. *Industrial Crops and Products*, 175-184. doi:https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2014.01.035

Montesinos Nolasco, E. (28 de Noviembre de 2023). *Bancos Peruanos ofrecen mejores tasas en depósitos a plazo corto ante recesión.* Obtenido de INFOBAE: https://www.infobae.com/peru/2023/11/22/depositos-a-plazo-fijo-cambian-con-la-nueva-tasa-de-referencia-del-bcr-por-que-ahora-conviene-dejar-tu-dinero-a-menos-tiempo/

Ng , H. S., Kee , P. E., Yim , H. S., Chen, P., Wei, Y., & Lan, J. (2020). Recent advances on the sustainable approaches for conversion and reutilization of food wastes to valuable bioproducts. (ELSEVIER, Ed.) *Bioresour Technol*. doi:10.1016/j.biortech.2020.122889

Ñaupas, H., Mejia, E., Novoa, E., & Villagomez, A. (2013). *Metodología de la Investigación Científica y Elaboración de Tesis* (3ra ed.). Lima-Peru: UNMSM.

Ochoa Espinoza, J. C. (2017). *Diseño de una planta piloto de extracción bio-botánica utilizando dióxido de carbono supercrpitico.* Lima, Perú: Pontificia Universidad Católica del Perú.

Ovares , J. (2016). *Determinación de los rendimientos y caracterización de aceites esenciales obtenidos por hidrodestilaciòn a partir de Lippia alba y Rosmarinus officinalis.* San Jose: Ciuda Universitaria "Rodrigo Facio".

Pajaro, N. (2011). Quimica verde: un nuevo reto. *Ciencia e Ingenieria Neogranadina*, 169-181. Obtenido de https://www.redalyc.org/pdf/911/91123440009.pdf

Pascual García, O. (2017). *Contribución de las semillas y del raspón sobre la composición, color y calidad del vino tinto; influencia del sistema de vinificación y del tratamiento del racimo.* Obtenido de https://www.tdx.cat/bitstream/handle/10803/450873/TESI.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Pascual, O. (2017). *Contribución de las semillas y del raspón sobre la composición, color y calidad del vino tinto; influencia del sistema de vinificación y del tratamiento del racimo.* España: Tesis doctoral. Universitat Rovira i Virgili, Tarragona.

Pastrana, E., Akoh, C., Sellappan , S., & Krewer, G. (2003). Phenolic content and antioxidant capacity of muscadine grapes. *Journal Agricultural and Food Chemistry*, 5497-5503. doi:10.1021/jf030113c

Peanparkdee, M., & Iwamoto, S. (2019). Bioactive compounds from by-products of rice cultivation and rice processing: Extraction and application in the food and pharmaceutical industries. *Trends in Food Science & Technology*, 109-119. doi:https://doi.org/10.1016/j.tifs.2019.02.041

Pérez Porto , J., & Merino, M. (2012). *definicion.de*. Obtenido de https://definicion.de/positivismo/

Pérez Porto, J., & Merino, M. (2021). *definicion. de* . Obtenido de https://definicion.de/epistemologia/

Pourmortazavi , S., & Hajimirsadeghi, S. (2007). Supercritical fluid extraction in plant essential and volatile oil analysis. *J Chromatogr A*, 2-24. doi:10.1016/j.chroma.2007.06.021

Prado, J. M., Dalmolin, I., Carareto, N., Basso, R. C., Meirelles, A. J., Oliveira, J. V., . . . Meireles, A. A. (2012). Supercritical fluid extraction of grape seed: Process scale-up, extract chemical composition and economic evaluation. *Journal of Food Engineering*, 249-257.

Prado, J., Dalmolin, I., Carareto, N., Basso, R., Meirelles, A., Oliveira , V., . . . Meireles, A. (2012). Supercritical fluid extraction of grape seed: Process scale-up, extract chemical composition and economic evaluation. *Journal of Food Engineering*, 249-259.

Quiroa, M. (set de 2020). *Economipedia*. Obtenido de Economipedia: https://economipedia.com/definiciones/estudio-de-factibilidad.html

Ravindran, R., Hassan, S., Williams, G., & Jaiswa, A. (2018). A Review on Bioconversion of Agro-Industrial Wastes to Industrially Important Enzyme. *Bioengineering, 5*(4). doi:https://doi.org/10.3390/bioengineering5040093

Read, Q., Brown, S., Cuellar, A., Finn, S., Gephart, J., Marston, L., . . . Muth, M. (2020). Assessing the environmental impacts of halving food loss and waste along the food supply chain. *Science of The Total Environment*. doi:https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.136255

Rojo, L., Villano, C., Joseph, G., Schmidt, B., Shulaev, V., Shuman, J., . . . Raskin, I. (2010). Original Contribution: Wound-healing properties of nut oil from Pouteria lucuma. *Journal of Cosmetic Dermatology*, 186-194. doi:https://doi.org/10.1111/j.1473-2165.2010.00509.x

Rosas, D., Ortiz, H., & Leyva, O. (08 de agosto de 2016). *Revalorizacion de algunos residuos agroindustriales y su potencial de aplicaciòn a suelos agricolas.* Obtenido de Agroproductividad: https://revista-agroproductividad.org/index.php/agroproductividad/article/view/796

Rossetto, R., Maciel, G., Bortolini, D., Ribeiro , V., & Isidoro, C. (2020). Acai pulp and seeds as emerging sources of phenolic compounds for enrichment of residual yeasts (Saccharomyces cerevisiae) through biosorption process. (ELSEVIER, Ed.) *Food Sci. Technol. LWT, 128*. doi:https://doi.org/10.1016/j.lwt.2020.109447

Routray, W., & Orsat, V. (2011). Blueberries and Their Anthocyanins: Factors Affecting Biosynthesis and Properties. *Comprehensive Reviewsin Food Science and Food Safety*, 303-320. doi: https://doi.org/10.1111/j.1541-4337.2011.00164.x

Salcedo, H. (2012). *Epistemologia o filosofar sobre la ciencia.* Medellin-Colombia: Unaula.

Scalia, S., Giuffreda, L., & Pallado, P. (1999). Analytical and preparative supercritical fluid extraction of Chamomile flowers and its comparison with conventional methods. *Journal of Pharmaceutical and Biomedical Analysis*, 549-558. doi:https://doi.org/10.1016/S0731-7085(99)00152-1

Serrano, D. (2009). Química verde: un nuevo enfoque para el cuidado del medio ambientev. *Educación Química*, 412-422. doi:https://doi.org/10.1016/S0187-893X(18)30044-2

Sheldon, R. (2007). The E Factor: fifteen years on. *Green Chemistry*, 1273-1283. doi:10.1039/B713736M

Sheldon, R. A. (2007). The E Factor: fifteen years on. *Green Chemistry*, 1273-1283.

Sinnott, R., & Towler, G. (2012). *Diseño en Ingeniería Química.* Barcelona: Editorial Reverté S.A.

Smith, R. (2013). *Introduction to Supercritical Fluids.* Japan: elsevier. Obtenido de https://www.sciencedirect.com/bookseries/supercritical-fluid-science-and-technology/vol/4/suppl/C

Soh, S., Jain, A., Lee, Y., Chin, K., Yin, C.-Y., & Jayaraman, S. (2021). Techno-economic and profitability analysis of extraction of patchouli oil using supercritical carbon dioxide. *Journal of Cleaner Production*, 126661. Retrieved from https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2021.126661

Soquetta, M., Terra, L., & Peixoto, C. (2018). Green technologies for the extraction of bioactive. *CyTA - Journal of Food*, 400-412. doi:https://doi.org/10.1080/19476337.2017.1411978

Soto Olaya, J. R. (2020). *Estudio estratégico para una planta productora de aceite de pepas de uvas.* Lima - Perú: Pontificia Universidad Católica del Perú.

Spanghero, M., Salem, M., & Robinson, P. (2009). Chemical composition, including secondary metabolites, and rumen fermentability of seeds and pulp of Californian (USA) and Italian grape pomaces. *Animal Feed Science and Technology*, 243-255. Obtenido de ttps://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2009.04.015

Sun, Y., Liu, Z., & Wang, J. (2011). Ultrasound-assisted extraction of five isoflavones from Iris tectorum Maxim. *Separation and Purification Technology*, 49-54. doi:https://doi.org/10.1016/j.seppur.2011.01.017

Urbina Vallejo, V. (2010). *LA FRUCTIFICACIÓN DE LOS FRUTALES.* Obtenido de http://ocw.udl.cat/enginyeria-i-arquitectura/fructicultura/continguts-1/l-6/monografia-no-6-cap.-4.-caracteristicas-de-los-frutos

Uwineza, P., & Waśkiewicz, A. (2020). Recent Advances in Supercritical Fluid Extraction of Natural Bioactive Compounds from Natural Plant Materials. *MDPI journals*. doi:10.3390/molecules25173847

Wang, J., Sun, B., Tian, Y., & Li, X. (2008). Optimisation of ultrasound-assisted extraction of phenolic compounds from wheat bran. *Food Chemistry*, 804-810. doi:https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2007.06.062

Wong, J., Muñiz, D., Aguilar, P., Ascacio, J., Cruz, K., Reyes, C., . . . Aguilar , C. (1917). *Extraction of Bioactive Phenolic Compounds by Alternative Technologies* (Vol. 4). Mexico: Elsevier.

Yi, C., Shi, J., Kramer, J., Xue, S., Jiang, Y., Zhang, M., . . . Pohorly, J. (2009). Fatty acid composition and phenolic antioxidants of winemaking pomace powder. *Food Chemistry*, 570-576. Retrieved from https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2008.09.103

Ynoub, R. (2015). *Cuestion de Metodo: Aportes para una Metologia Critica.* Mexico: Cengage Learning.

ANEXOS

Anexo 1: Análisis Fisicoquímico de semilla de uva Malbec

LABS – ITP
Página 1 de 2

LABORATORIO DEL INSTITUTO TECNOLOGICO DE LA PRODUCCION

INFORME DE ENSAYO N° 0785/16

Solicitante	:	PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATOLICA DEL PERÚ
Dirección	:	Av. Universitaria N° 1801 – San Miguel
Producto declarado	:	Semilla de Uva Liofilizada.
Presentación y Condiciones de la Muestra	:	En bolsa plástica sellada al vacío
Cantidad de muestras	:	150g Aprox.
Fecha de recepción de la muestra	:	26.07.16
Fecha de Ejecución de Análisis	:	01.08.16
Referencia de la muestra	:	Muestra identificada por el cliente
N° de Solicitud de Servicio de Ensayo	:	0265-16

ENSAYO	NORMA O REFERENCIA	UNIDADES	RESULTADOS	
			1	2
Determinación de Humedad	FAO, Food and Nutrition Paper pp 205 T 14/7, 1986	%	6,61	6,59
Determinación de Proteína cruda	LABS-ITP-FQ-001-2009 Rev. 00, 2009*	%	7,62	7,93
Determinación de Cenizas	FAO, Food and Nutrition Paper pp 228 T 14/7, 1986	%	3,02	2,81
Determinación de Grasa cruda	LABS-ITP-FQ-003-2009 Rev. 00, 2009*	%	15,66	15,48
Carbohidratos	Por diferencia	%	67,09	67,19
Calorías	Por cálculo	kcal/100g	439,78	439,80
Cromatografía de ácidos grasos(1)	LABS-ITP-FQ-002-98, Rev. 4, 2003*	mg/g muestra	Ver anexo	Ver anexo

RESUMEN:

ACIDOS GRASOS	Promedio %	g/100g	mg/g
Saturados	10,64	1,58	15,83
Monoinsaturados	17,40	2,59	25,90
Poliinsaturados	71,96	10,71	107,11
TOTAL	**100,00**		

Observaciones: * Método validado por el Laboratorio Físico – Químico LABS-ITP.
(1) Previa Extracción de grasa en frío por método de Bligh and Dyer, 1959.
% de Grasa cruda: 15,57. Factor usado para cuantificación de ácidos grasos: 0,956.

Callao, 05 de Agosto del 2016

CARRETERA A VENTANILLA KM 5,200 – TELFS. 5770116 – 5770118 – CASILLA 360 – CALLAO 1 PERU
TELEFAX: 5773130 E-mail: clientelab@itp.gob.pe

Queda prohibida la reproducción total o parcial del presente documento sin la autorización de LABS-ITP. Los resultados emitidos en el presente informe solo se refieren a la muestra analizada y no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce. El nombre del producto declarado es de responsabilidade del cliente.

EACI-F01- P22, Rev 05 **Fecha: 11/12/15** **Cambio: Cambio de estructura del formato.**

LABS – ITP
Página 2 de 2

LABORATORIO DEL INSTITUTO TECNOLOGICO DE LA PRODUCCION

INFORME DE ENSAYO N° 0785/16

ANEXO 1

ÁCIDOS GRASOS	Cn:m	1 (%)	2 (%)	Promedio (%)	g/100g muestra	mg/g muestra
Butírico	04:0	nd	nd	nd	nd	nd
Caproico	06:0	nd	nd	nd	nd	nd
Caprílico	08:0	nd	nd	nd	nd	nd
Cáprico	10:0	nd	nd	nd	nd	nd
Undecanoico	11:0	nd	nd	nd	nd	nd
Láurico	12:0	nd	nd	nd	nd	nd
Tridecanoico	13:0	nd	nd	nd	nd	nd
Mirístico	14:0	nd	nd	nd	nd	nd
Miristoleico	14:1	nd	nd	nd	nd	nd
Pentadecaenoico	15:0	nd	nd	nd	nd	nd
Cis-10-Pentadecenoico	15:1	nd	nd	nd	nd	nd
Palmítico	16:0	7,04	7,01	7,03	1,05	10,46
Palmitoleico	16:1	nd	nd	nd	nd	nd
Heptadecaenoico	17:0	nd	nd	nd	nd	nd
Cis-10-Heptadecenoico	17:1	nd	nd	nd	nd	nd
Esteárico	18:0	3,45	3,47	3,46	0,52	5,15
Oleico	18:1ω-9	16,64	16,62	16,63	2,48	24,75
Vaccenico	18:1ω-7	0,77	0,77	0,77	0,11	1,15
Linoleico	18:2ω-6	71,62	71,65	71,63	10,66	106,62
γ-Linolénico	18:3ω-6	nd	nd	nd	nd	nd
α-Linolénico	18:3ω-3	0,33	0,33	0,33	0,05	0,49
Estearidonico	18:4ω-3	nd	nd	nd	nd	nd
Araquídico	20:0	0,15	0,15	0,15	0,02	0,22
Eicosaenoico	20:1ω-9	nd	nd	nd	nd	nd
Eicosadienoico	20:2	nd	nd	nd	nd	nd
Eicosatrienoico	20:3ω-6	nd	nd	nd	nd	nd
Eneicosaenoico	21:0	nd	nd	nd	nd	nd
Eicosatrienoico	20:3ω-3	nd	nd	nd	nd	nd
Araquidónico	20:4ω-6	nd	nd	nd	nd	nd
Eicosapentaenoico	20:5ω-3	nd	nd	nd	nd	nd
Behénico	22.0	nd	nd	nd	nd	nd
Cetoleico	22:1ω-11	nd	nd	nd	nd	nd
Erucico	22:1ω-9	nd	nd	nd	nd	nd
Docosadienoico	22.2	nd	nd	nd	nd	nd
Tricosanoico	23:0	nd	nd	nd	nd	nd
Lignocérico	24:0	nd	nd	nd	nd	nd
Clupadónico	22:5ω-3	nd	nd	nd	nd	nd
Docosahexaenoico	22:6 ω-3	nd	nd	nd	nd	nd
Nervonico	24:1ω-9	nd	nd	nd	nd	nd

nd : no detectable.

CARRETERA A VENTANILLA KM 5,200 – TELFS. 5770116 – 5770118 – CASILLA 360 – CALLAO 1 PERU
TELEFAX: 5773130 E-mail: clientelab@itp.gob.pe

Queda prohibida la reproducción total o parcial del presente documento sin la autorización de LABS-ITP. Los resultados emitidos en el presente informe solo se refieren a la muestra analizada y no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce. El nombre del producto declarado es de responsabilidade del cliente.

EACI-F01- P22, Rev 05 **Fecha: 11/12/15** **Cambio: Cambio de estructura del formato.**

Software Version	:	6.2.0.0.0:B27	Date	:	28/07/16 02:37:32 a.m.
Sample Name	:	Semilla de Uva - 765A	Data Acquisition Time	:	27/07/16 10:23:01 a.m.
Instrument Name	:	Cromatografo de Gases	Channel	:	A
Rack/Vial	:	0/1	Operator	:	manager
Sample Amount	:	1.000000	Dilution Factor	:	1.000000
Cycle	:	1			

Result File : C:\PenExe\TcWS\Ver6.2.0\Examples\Acidos Grasos\Muestras LABS-ITP\2016\Agosto\Semilla de Uva - 765_001.rst
Sequence File : C:\PenExe\TcWS\Ver6.2.0\Examples\Semilla de Uva - 765.seq
Sample Notes:
modif de Noviembre

I.T.P. - LABORATORIO DE FISICO - QUIMICA

REPORTE DE ACIDOS GRASOS

Pico n°	Nombre del Acido Graso	Tiempo de Retención [min]	Area [uV*sec]	Respuesta [uV]	Area [%]	BL
1	C 16:0 (Palmitic)	14.21	14353.39	2717.53	7.04	BB
2	C 18:0 (Stearic)	22.05	7039.19	919.56	3.45	BB
3	C 18:1 W9 (Oleic)	23.03	33915.89	3059.49	16.64	BV
4	C 18:1 W7 (Vaccenic)	23.32	1564.52	243.59	0.77	VB
5	C 18:2 W6 (Linoleic)	25.53	145943.70	6552.78	71.62	BB
6	C 18:3 W3 (a-Linolenic)	28.72	674.24	90.38	0.33	BB
7	C 20:0 (Arachidic)	32.75	296.77	34.81	0.15	MM
			203787.71	13618.15	100.00	

Software Version	:	6.2.0.0.0:B27	Date	:	28/07/16 02:42:16 a.m.
Sample Name	:	Semilla de Uva - 765B	Data Acquisition Time	:	27/07/16 11:35:23 a.m.
Instrument Name	:	Cromatografo de Gases	Channel	:	A
Rack/Vial	:	0/2	Operator	:	manager
Sample Amount	:	1.000000	Dilution Factor	:	1.000000
Cycle	:	1			

Result File : C:\PenExe\TcWS\Ver6.2.0\Examples\Acidos Grasos\Muestras LABS-ITP\2016\Agosto\Semilla de Uva - 765_002.rst
Sequence File : C:\PenExe\TcWS\Ver6.2.0\Examples\Semilla de Uva - 765.seq
Sample Notes:
modif de Noviembre

I.T.P. - LABORATORIO DE FISICO - QUIMICA

REPORTE DE ACIDOS GRASOS

Pico n°	Nombre del Acido Graso	Tiempo de Retención [min]	Area [uV*sec]	Respuesta [uV]	Area [%]	BL
1	C 16:0 (Palmitic)	14.17	12419.77	2454.30	7.01	BB
2	C 18:0 (Stearic)	22.05	6155.12	818.98	3.47	BB
3	C 18:1 W9 (Oleic)	23.04	29452.49	2727.21	16.62	BV
4	C 18:1 W7 (Vaccenic)	23.33	1370.02	207.14	0.77	VB
5	C 18:2 W6 (Linoleic)	25.55	126993.64	5990.19	71.65	BB
6	C 18:3 W3 (a-Linolenic)	28.80	579.63	75.71	0.33	BB
7	C 20:0 (Arachidic)	32.85	268.82	31.07	0.15	MM
			177239.48	12304.62	100.00	

Anexo 2 : Perfil de ácidos grasos presentes en la semilla de lúcuma

ACIDO GRASO	t_R (min)	Concentración relativa (%)										t_R (min)	Conce		
		PL1	PL2	PL3	PL4	PL5	PL6	PL7	PL8	PL9	PL10		PL11	PL12	
Ácido mirístico (C14:0)	13.81	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	13.81	0.0 ± 0.0	0.1 ± 0.0	
Ácido pentadecanoico (C15:0)	15.46	0.19 ± 0.00	0.20 ± 0.0	0.22 ± 0.00		0.20 ± 0.00	0.20 ± 0.00	0.24 ± 0.00	0. 21± 0.00	0.21 ± 0.00	0.21± 0.00	15.48	0.3 ± 0.0	0.2 ± 0.0	
Ácido palmítico (C16:0)	17.53	16.39 ± 0.09	16.78 ± 0.04	17.80 ± 0.03	20.57 ± 0.03	16.79 ± 0.01	17.07 ± 0.00	18.81 ± 0.01	17.26 ± 0.02	17.14 ± 0.02	17.34 ± 0.01	17.56	22.7 ± 0.0	17.2 ± 0.0	
Ácido palmitoleico (C16:1)	18.84	0.27 ± 0.00	0.28 ± 0.00	0.31± 0.00		0.28 ± 0.00	0.29 ± 0.00	0.32 ± 0.00	0.29 ± 0.00	0.29 ± 0.00	0.29 ± 0.00	18.85	0.4 ± 0.0	0.3 ± 0.0	
Ácido esteárico (C18:0)	21.72	12.05 ± 0.00	12.79 ± 0.01	11.83 ± 0.02	9.57 ± 0.01	12.78 ± 0.06	12.51 ± 0.07	11.76 ± 0.06	12.33± 0.05	12.48 ± 0.06	12.39 ± 0.07	21.74	9.8 ± 0.0	12.6 ± 0.0	
Ácido oleico (C18:1)	22.87	31.71 ± 0.04	33.07 ± 0.02	32.42 ± 0.03	30.07 ± 0.03	33.16 ± 0.00	32.96 ± 0.01	32.18 ± 0.01	32.87 ± 0.01	32.95 ± 0.00	32.82 ± 0.00	22.90	29.4 ± 0.0	32.6 ± 0.0	
Ácido cis-11-octadecenoico (C18:1)	22.98	1.86 ± 0.00	1.98 ± 0.00	1.92± 0.00	2.23 ± 0.01	1.99 ± 0.01	1.95 ± 0.00	1.86 ± 0.00	1.95 ± 0.02	1.94 ± 0.01	1.92 ± 0.00	22.99	1.9 ± 0.1	2.1 ± 0.0	
Ácido linoleico (C18:2)	24.52	35.63 ± 0.07	32.92± 0.02	33.63 ± 0.01	36.22 ± 0.00	32.85 ± 0.05	33.12 ± 0.07	33.28 ± 0.07	33.20 ± 0.07	33.07 ± 0.06	33.13 ± 0.08	24.54	34.3 ± 0.0	32.8 ± 0.0	
Ácido araquídico (C20:0)	25.60	0.54 ± 0.00	0.58 ± 0.01	0.47 ± 0.00		0.57 ± 0.01	0.54 ± 0.01	0.41 ± 0.01	0.51 ± 0.00	0.54 ± 0.01	0.52 ± 0.00	25.58	0.0 ± 0.0	0.6 ± 0.0	
Ácido linolénico (C18:3)	26.50	1.11 ± 0.01	1.17 ± 0.01	1.20 ± 0.02	1.16 ± 0.00	1.16 ± 0.01	1.14 ± 0.00	0.14 ± 0.01	1.17 ± 0.01	1.18 ± 0.02	1.16 ± 0.02	26.50	1.2 ± 0.0	1.2 ± 0.0	

Anexo 3 : Reporte de materiales y corrientes

https://drive.google.com/file/d/16NCMv1wr5Lqmggujm3qizQ0p2qzO6YSE/view?usp=sharing

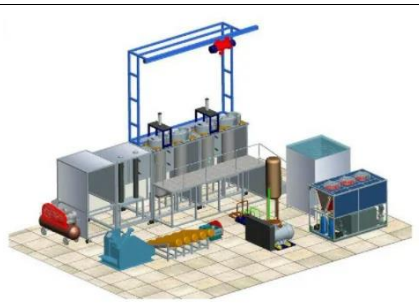
Anexo 4 : Reporte de costos al detalle

https://drive.google.com/file/d/1kQ7D7VeJQo2w6a5B6OSsDgBG-DMcjyh6/view?usp=drive_link

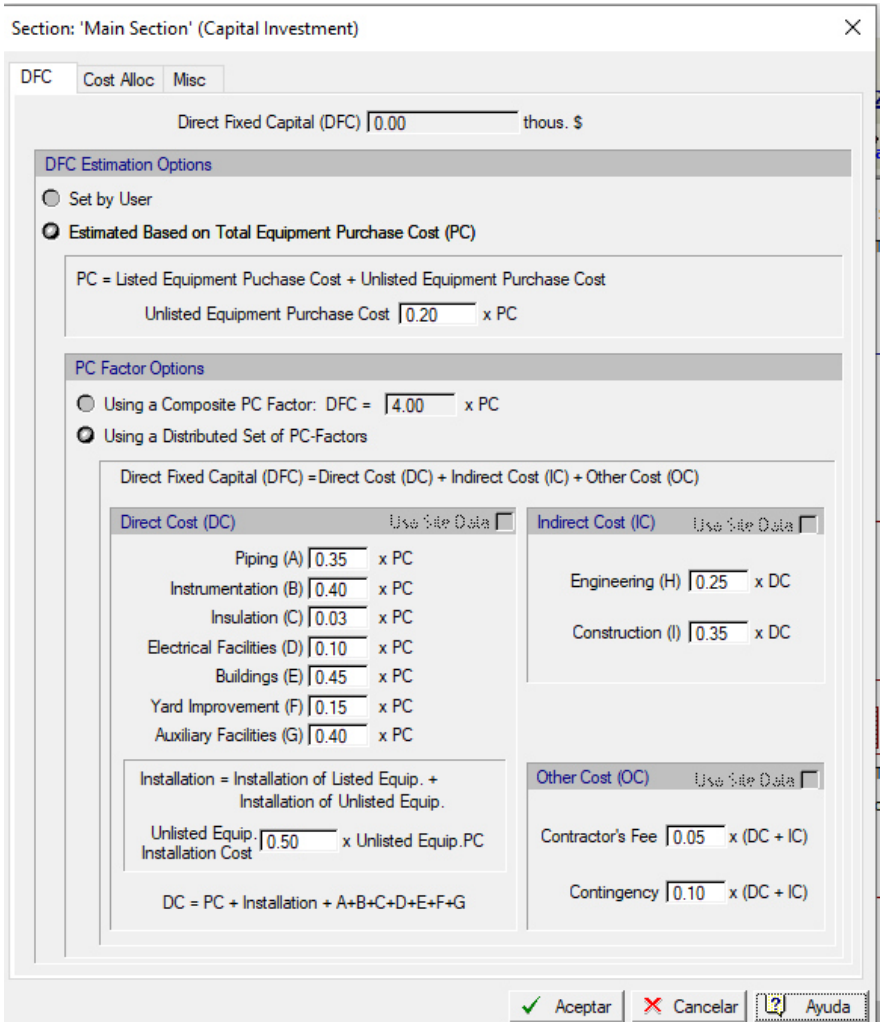
Anexo 5 : Equipos seleccionados para el proceso de producción de aceite de lúcuma y uva

Cantidad	Descripción	Precio $	Foto
1	WSH-101 Máquina de la limpieza del ozono de la burbuja Para el lavado de la pepa de lúcuma Cap: 500 – 2000 kg/h Dimensión: 5000*1200*1300mm Energía: 8.8 kW Marca: YUMAI MODELO: YM-QP5000	6300	
6	SR-101 - VSCR-101 Descascarillador y tamizador integrado Capacidad: 600 kg/h Dimensión: 1,45×1,7×1,55 m Energía: 1.5Kw Marca: Runxiang Modelo: YK-8	30000	

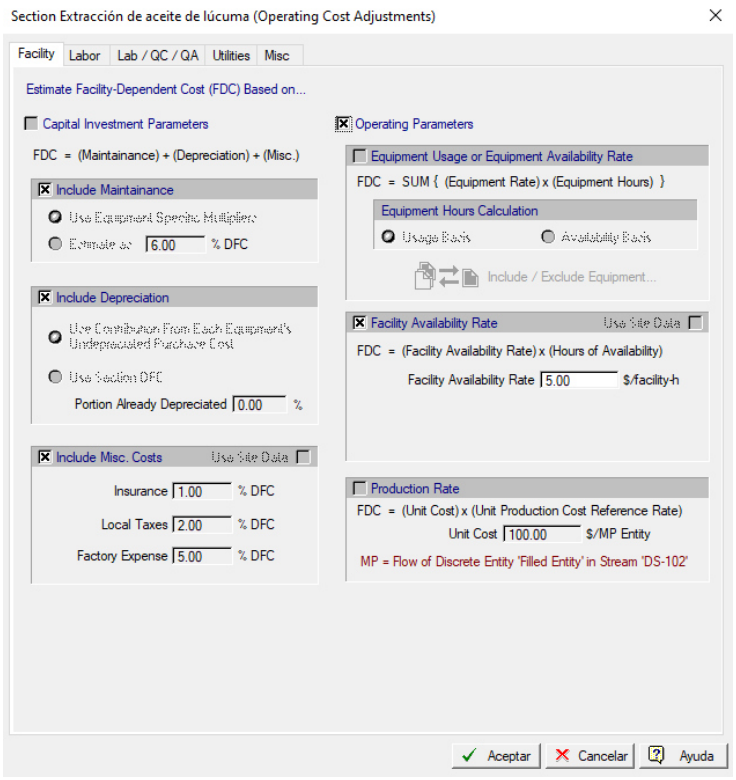
1	SR-102 Rebanadora Cortadora de banda ts-120 Capacidad: 500 -2000 Kg/h Dimensión: 1320*650*1270 mm Energía: 1.13 Kw Marca: ALLWIN Modelo: AWQC-80	16000	
1	TDR-101, TDR-102, TDR-103 Secadora por bandejas Capacidad: 500 -2000 Kg/h Dimensión: 5000*3000*3500 mm Energía: 1.13 Kw Marca: Shandong Shengshitong Smart equipment Co., Ltd. Modelo: HGJ-2000	60000	
1	GR-101, GR-102 Molino de martillos Capacidad: 500 Kg/h Dimensión: 1000 x 1500*3500 mm Energía: 11 Kw Marca: Henan Vic Machinery Co., Ltd Modelo: **9FQ500-28**	13000	

1	SMSX-101, SMSX-102 Extractor FSC Capacidad: 150 L (50 Lx 3) Dimensión: 1000 x 1500*3500 mm Marca: TOPTION, Xi'an Toption Instrument Co., Ltd Modelo: TOP320-40-150	900000	
1	VSCR-101; VSCR-102 Tamiz Capacidad: 500 kg/h Dimensión: 1200 x 3000 mm Marca: Karat Machine Modelo: DZSF1230	4000	

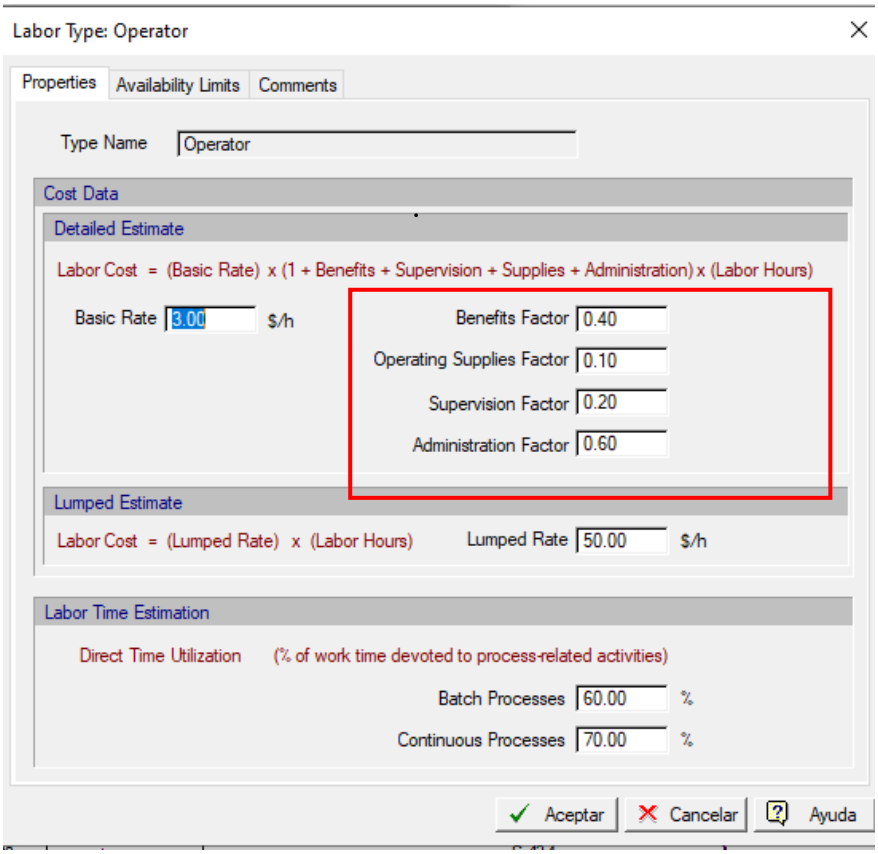
Anexo 6 : Estimación de costos fijos en el Simulador



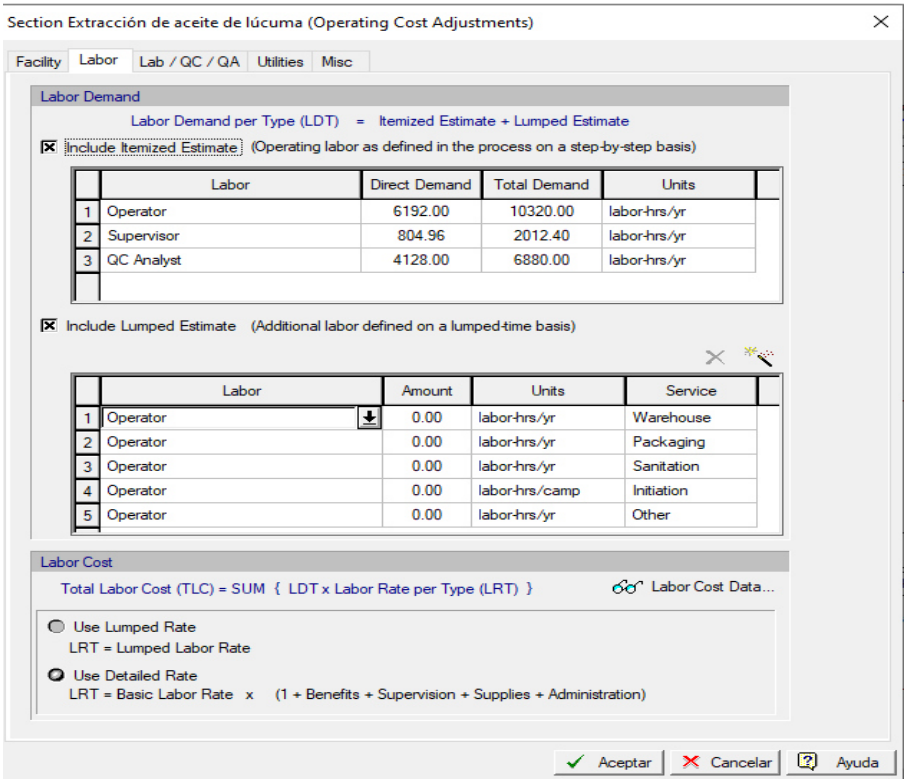
Anexo 7: Estimación del costo de mantenimiento



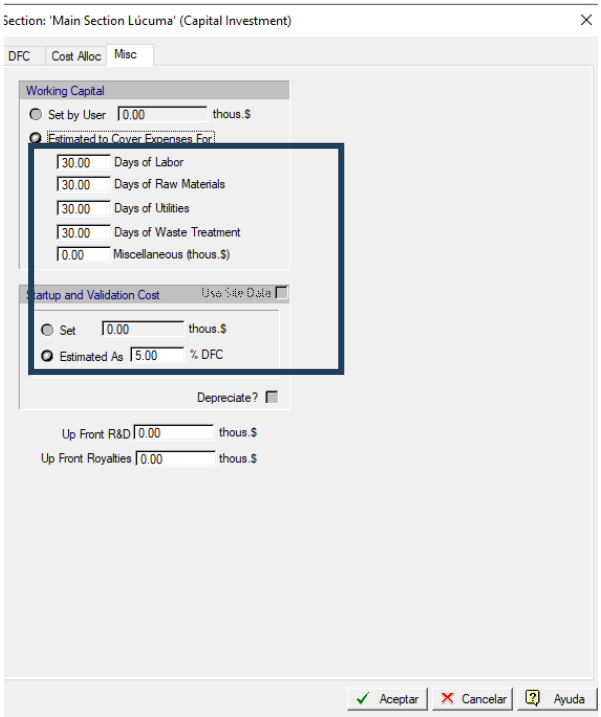
Anexo 8 : Factores usadores para el cálculo del costo de mano de obra



Anexo 9 : Programación en Super Pro para estimación de costo de mano de obra



Anexo 10: Parámetros para la estimación del capital de trabajo



Anexo 11: Reporte de evaluación económica

https://drive.google.com/file/d/1imE3XbZ9sQ3kGsMPbPe7JFaRzoLjZMSk/view?usp=sharing

Anexo 12: Reporte de evaluación económica pesimista

https://drive.google.com/file/d/1SRl9viFXqnLrfM_JPh6tHkCTGUTzxiTw/view?usp=sharing

Anexo 13 : Reporte de evaluación económica sin la venta de residuos

https://drive.google.com/file/d/1ZHmhpK-RC9kKLM6iOwt8Ahz3B3ZmHVjC/view?usp=sharing

Anexo 14: Reporte de impacto ambiental

https://drive.google.com/file/d/1Pr94iT3E4e3Oq8ecvx8MkB-3-2bY2GTx/view?usp=sharing